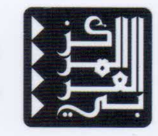
شهيرة شرف

منطق الضّبابية والعلوم الإنسانية والاجتماعية

(مقاربة نظرية - تطبيقية)



المركز العربي للأبحاث و دراسة السياسات
Arab Center for Research & Policy Studies

هذا الكتاب

يقرب منطق الضّبابية بين المنطق والحياة، أو يستثمر المنطق في حلٍّ بعض المشكلات الإنسانية في الحياة الاجتماعية. أدواته المستخدمة ليست صورية خالصة؛ لأنّ الدور الأكبر في عملياته أصبح من اختصاص الخبير، سواء في تصميم المجموعات الضبابية أم في وضع توابع انتمائها أم في صوغ قواعد الاستدلال الضبابي. وهذا معناه أنه يحاول التقرب من الوقائع ويصغي إليها ويكتشف منطقها الذاتي، بنوع من الاستباق الحدسي الذي يتكشّف عن درجة من التوافق الخفي بين الحدس والخبرة، هذا التوافق الذي ينصهر الحدس فيه بالخبرة، ويتبين أنّ مضمون الخبرة ذاتها ليس مناقضًا للحدس، ما جعل من الممكن النظر إلى الحقيقة بطريقة مختلفة عن الطرائق التقليدية، حيث لم تعد قائمة في الفكر أو الخبرة، بل في التوافق الخلاق بينهما الذي لا يكفّ عن التطور والتغير.

شهيرة شرف

باحثة سورية، حائزة شهادة الدكتوراه في الفلسفة، تخصص منطق معاصر من جامعة دمشق. تعمل معاونة رئيس شعبة في كلية الآداب والعلوم الإنسانية - جامعة دمشق. خضعت لدورة تدريبية في اليابان في مجال القياسات الهندسية والمعايرة.



المركز العربي للأبحاث و دراسة السياسات
Arab Center for Research & Policy Studies

السعر: 10 دولارات

ISBN 978-614-445-094-9

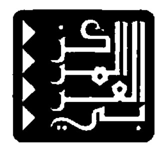


منطق الضبابية
والعلوم الإنسانية والاجتماعية
(مقاربة نظرية - تطبيقية)

منطق الضبابية
والعلوم الإنسانية والاجتماعية
(مقاربة نظرية - تطبيقية)

شهيرة شرف

تقديم يوسف سلامة



المركز العربي للأبحاث و دراسة السياسات
Arab Center for Research & Policy Studies

الفهرسة في أثناء النشر - إعداد المركز العربي للأبحاث ودراسة السياسات
شرف، شهيرة
منطق الضبابية والعلوم الإنسانية والاجتماعية: (مقاربة نظرية - تطبيقية)/ شهيرة شرف؛ تقديم يوسف سلامة.
279 ص.: ايض.، رسوم هندسية ؛ 24 سم.
يشتمل على ببليوغرافية (ص. 259-267) وفهرس عام.
ISBN 978-614-445-094-9
1. الضبابية(منطق). 2. الاستقراء (منطق) 3. العقل. 4. المنطق الاستقرائي 5. المنطق. 6. المنطق الاستدلالي. 7. المنطق الصوري. 8. القياس المنطقي. أ. سلامة، يوسف. ب. العنوان.
160

العنوان بالإنكليزية

Fuzzy Logic, Humanities and Social Sciences: An Applied and Theoretical Approach

by Shahira Sharaf

الآراء الواردة في هذا الكتاب لا تعبّر بالضرورة عن اتجاهات يتبناها المركز العربي للأبحاث ودراسة السياسات

الناشر



شارع رقم: 826 منطقة 66
المنطقة الدبلوماسية الدفنة، ص. ب: 10277 الدوحة قطر
هاتف: 44199777 00974 فاكس: 44831651 00974

جادة الجنرال فؤاد شهاب شارع سليم تقلا بناية الصيفي 174
ص. ب: 4965 11 رياض الصلح بيروت 2180 1107 لبنان
هاتف: 8 991837 1 00961 فاكس: 1991839 00961
البريد الإلكتروني: beirutoffice@dohainstitute.org
الموقع الإلكتروني: www.dohainstitute.org

الطبعة الأولى
بيروت، حزيران/ يونيو 2016

إهداء

إلى من يمتلك نمط التفكير الثنائي بوصفه محايثًا للفعل الثوري والإرادة الحرة...

وإلى من يمتلك نمط التفكير المتعدِّد بوصفه محايثًا للشعور المتقلب والمنسي نتيجة القمع...

وإلى من يمتلك نمط التفكير الضبابي بوصفه محبًا للحوار الديمقراطي...

المحتويات

شكر وتقدير

أتوجه بالشكر الجزيل إلى يوسف سلامة الذي وجَّه هذا البحث الوجهة العلمية والمنهجية الصحيحة، وإلى عماد شعيبي الذي كان للحوار الجاد معه في شأن الكثير من القضايا العلمية أثر مهم في الارتقاء بهذا البحث؛ وإلى أكرم القش الذي لم يتوانَ عن مساعدتي ومنحي أكثر من فرصة للحوار المثمر معه في الكثير من القضايا المتعلقة بالمنهج الكمي الإحصائي؛ نظرًا إلى خبرته الطويلة في هذا الميدان. وكذلك إلى هيام خدام المتخصصة بالتحكّم الرقمي، في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة دمشق، التي اختصرت لي الطريق في جلسات مكثفة ومفيدة عن كيفية تطبيق منطق الضبابية في التحكم الأوتوماتيكي، وزوّدتني ببعض الكتب عن تطبيقاته في ميدان التحكم. والشكر والتقدير أيضًا للصديقين العزيزين عنان الشيخ حيدر المتخصصة بالقانون الدولي في كلية الحقوق في جامعة دمشق، وزوجها حسام درويش المتخصص بالفلسفة المعاصرة، على المناقشات الطويلة والعميقة التي جمعتنا، وبدأت مع بداية العمل في هذا البحث، ولا تزال مستمرَّة، فأمدتني بعدد من الأفكار المهمة والدعم المعنوي، فضلًا عن مدِّهما إياي بأمهات الكتب عن منطق الضبابية في أثناء وجودهما في بريطانيا وفرنسا.

أتوجه بالشكر أيضًا إلى الأستاذ في جامعة أريزونا في الولايات المتحدة الأميركية، تشارلز راغن الذي اطّلع على مخطط بحثي وأبدى اهتمامه به، وزوّدني بعدد من كتبه ومقالاته المهمة عن تطبيق منطق الضبابية في العلوم الاجتماعية، وأفدت منها كثيرًا في بحثي. وإلى الأستاذ في جامعة فلوريدا في الولايات المتحدة

الأميركية بدر الدين عرفة الذي أبدى اهتمامًا بمخطط البحث أيضًا وزوّدني بكتاب له عن تطبيق منطق الضبابية في العلوم الاجتماعية والسياسية. وإلى ساري حنفي، أستاذ علم الاجتماع في الجامعة الأميركية في بيروت، الذي ساعدني في الاستفادة من مكتبة الجامعة الأميركية وقدّم إليّ عددًا من المصادر المهمة. وإلى صلاح عثمان من جامعة المنوفية في مصر الذي اطّلع أيضًا على مخطط بحثي وأبدى اهتمامًا به وزوّدني بكتابه المنطق متعدِّد القيم. فكان ذلك كله دعمًا معنويًا كبيرًا أمدَّني به هؤلاء، فلكل منهم شكري وتقديري. كما أتوجه بالشكر الجزيل إلى أعضاء الهيئة التدريسية في قسم الفلسفة، وأخصُّ منهم سليمان الضاهر أستاذ الفلسفة اليونانية ورئيس قسم الفلسفة في كلية الآداب في جامعة دمشق الذي أدار القسم بمهارة الخبير وبإتقان المتمرِّس وبحسِّ المسؤول، والذي منحني الكثير من وقته لمناقشات طويلة دارت بيننا عن فلسفة أرسطو، علاوة على دعمه المعنوي دومًا. وأخيرًا، أشكر كل من ساندني ماديًا ومعنويًا من الأهل والأصدقاء، وأدين بالجميل لأمي خصوصًا على تحمُّلها طول غيابي عنها؛ نظرًا إلى انشغالي بهذا البحث.

تقديم

تكمن أهمية هذا البحث الذي استغرق العمل في إعداده سنوات غالية من العمر، ليس في ما أنجزه فحسب، وهذا مهم، وإنما في ما لم ينجزه أيضًا. وفي ما يتعلق بالنقطة الأولى، فهذا بحث طليعي ورائد وفريد في مجال البحوث المنطقية النظرية وفي مجال تطبيق هذا المنطق في الحياة الواقعية وفي ظواهر ملموسة في حياة الناس والمجتمع. ومن المألوف عادة في الدراسات المنطقية، منذ أرسطو، وحتى عند الفلاسفة المسلمين، أن المنطق هو بحثٌ نظريٌّ فحسب ينصبُّ على صور الفكر. ومضى وقت طويل قبل صوغ المنطق الاستقرائي، ومن بعده المنطق الرياضي (الرمزي) الذي أدى دورًا كبيرًا في حل مشكلات الرياضيات المنطقية، إضافة إلى استخدامه في هندسة التحكُّم. أما المنطق الصوري فظل بعيدًا عن مجالات التطبيق، في دراسة الطبيعة أم في التعامل مع المشكلات الرياضية. وسواء تعلَّق الأمر بالمنطق الثنائي أم المتعدِّد القيم، وبقي المنطق صوريًا، بمعنى ما من المعاني.

ربما كان منطق الضبابية أول صورة من صِوَر المنطق التي حاولت التقريب بين المنطق والحياة، أو استثمار المنطق في حلٍّ بعض المشكلات الإنسانية في الحياة الاجتماعية عبر ظواهرها المختلفة. وربما يكون ذلك راجعًا إلى أن أدواته المستخدمة التي لم تعد أدوات صورية خالصة؛ لأن الدور الأكبر في عملياته أصبح من اختصاص الخبير في تصميم المجموعات الضبابية أم في وضع توابع انتمائها أم في صوغ قواعد الاستدلال الضبابي. وفي هذا المعنى، يحاول منطق الضبابية أن يتقرَّب إلى الوقائع ويصغي إليها ويكتشف منطقها الذاتي، بنوع من الاستباق

الحدسي الذي يتكشَّف عن درجة من التوافق الخفي بين الحدس والخبرة. يؤشر هذا التوافق الذي ينصهر الحدس فيه بالخبرة، على أن مضمون الخبرة ذاتها ليس مناقضًا للحدس، هذه العناصر مجتمعة، ربما تجعل من الممكن النظر إلى الحقيقة بطريقة مختلفة كلّيًا عن الطرائق التقليدية، حيث لم تعد الحقيقة قائمة في الفكر وحده، ولم تعد قائمة في الخبرة أيضًا، بل في هذا التوافق الخلاق الذي لا يكفُّ عن التطور والتغير، والذي يغتني به الفكر لأنه يساير تعرّجات الخبرة وانحناءاتها، وتغتني به الخبرة لأنها تستسلم إلى المضمون الذهني المستنبط من إصغاء الفكر واستسلامه إلى حياة الخبرة ذاتها.

تلكم هي أهمية منطق الضبابية الذي يزوّدنا بنظرة جديدة إلى الحقيقة وبتصور جديد للعلم وبرؤية مستحدثة إلى المنهج. فالحقيقة قائمة في هذه العلاقة المتبادلة بين العقل والخبرة. وتتمثل مهمة العلم في النقد الدائم لهذه العلاقة والكشف عن حدودها، وتتمثل مهمة المنهج في أن يعيِّن العقل نفسه في سلسلة من الخطوات التي تسترشد بالتصور الجديد للحقيقة وبالنقد الخلاق الذي يمارسه العلم على تصوراته وإجراءاته التي لا تكفُّ عن التطور والتغير. وانطلاقًا من ذلك كله، عملت الباحثة على بسط منطق الضبابية وفضِّ مفاهيمه المتداخلة بين العلم والفلسفة والمنطق، بطريقة سلسة وإبداعية، جمعت فيها بين هذه الميادين المتاخمة، فكشفت، في منطق الضبابية، عن الجانبين الرياضي والهندسي المتعلق بالتحكم الأوتوماتيكي، بحرِفيَّة عالية، من دون أن يخلَّ ذلك بالتناول الفلسفي لهذا المنطق المتمثل في صوغ الواقع صوغًا إشكاليًا، بالنظر إليه على أنه غامضٌ ومعقدٌ، بدرجة أو بأخرى، وإلى المعرفة على أنها لايقينية، بدرجة أو بأخرى، وإلى اللغة على أنها ملتبسة بدرجة أو بأخرى أيضًا. ومن ذلك جرى الانتقال إلى استكشاف أدوات هذا المنطق القادرة على التعامل مع الواقع عبر المفاهيم التي صيغت وأشيرَ إليها سابقًا.

أما ما سمح بنقل هذا المنطق إلى أداة منهجية في العلوم الإنسانية والاجتماعية، بدلًا من أن يكون أداة للتفكير أو أداة للتحكم الأوتوماتيكي فحسب، فهو تلك العلاقة القائمة بين العلم والفلسفة من جهة والعقل والخبرة من جهة أخرى. وظهر ذلك في قدرة هذا المنطق على أن يكون أداة عمل في بيئة ضبابية، تمكِّن الخبراء من طرح جملة من البدائل تسمح لصنّاع القرار باختيار القرار الأكثر

ملاءمة، وفقًا للظرف الراهن أو للمعطيات القائمة، من غير أن يجنح الفكر إلى أن يفرض على الوقائع ما يجب أن يكون، ومن غير أن يسمح الفكر للوقائع بأن تكون مستقلة عنه كلَّ الاستقلال. فهو إذًا منطق الممكن، في لحظة محددة قابلة للتغير، ومن ثم، فهو قابل للتفاعل مع الأحوال المتطورة والمتغيرة. كلُّ ذلك سمح للباحثة بالقول إن منطق الضبابية يتفوق على المنهج الكمي الإحصائي الذي يقصِّر عن مراعاة الجوانب الكيفية والغامضة والمعقدة في بعض الظواهر الإنسانية والاجتماعية، على الأقل؛ ويسمح لنا بأن نضيف أنه يتفوق أيضًا على المنهج الكيفي الذي يكتفي بعيّنات محدودة للظواهر المدروسة. وبالتالي، فهو يتطلع إلى استبقاء مزايا كلا المنهجين وتجنُّب عيوبهما، فيجمع، بطريقة مُتقَنة، بين التقويم الكمِّي والكيفي في آن واحد، ويضيف بعض العناصر التي من شأنها مسايرة حياة هذه الظواهر ومراعاة تلك الجوانب فيها بقدر كبير. وأفضى ذلك كله إلى سلسلة من الاستدلالات الرشيدة، سمحت لمنطق الضبابية بترجمة مقبولة للتحكم الضبابي، في مجالات الهندسة المختلفة، إلى سلسلة من المفاهيم التي يمكن تكثيفها في «اتخاذ القرار»، في مجال العلوم الإنسانية والاجتماعية. فكان منطق الضبابية بذلك قادرًا على استبقاء ماهية الظاهرة الإنسانية بمعزل عن كل تشويه لحق بها نتيجة تطبيق المناهج الرياضية والطبيعية عليها، وأدّى إلى ظهور أزمتي الصورية والمادية في مجال العلوم الإنسانية في نهاية القرن التاسع عشر ومطلع القرن العشرين.

في ضوء ما تقدم لا يعني ذلك أن منطق الضبابية لا يواجه صعوبات كثيرة في أثناء تطبيقه. ومن غير المفيد تعداد هذه الصعوبات لسببين: **الأول**، يتمثل في أنه لا يُمكِّن الباحث من أن يتبيّن هذه الصعوبات ما لم يقم هو نفسه بمحاولة تطبيق هذا المنطق في مجال بحث من البحوث. والثاني، أن هذه الصعوبات ليست ثابتة، بل تتغير من بحث إلى بحث ومن حقل إلى حقل. وبالتالي فلكلٍّ بحث صعوباته، ولكلٍّ باحث طريقته الخاصة في تبيُّن هذه الصعوبات وشرحها وتفاديها. ومن ذلك نستخلص أن منطق الضبابية، على الرغم من كلِّ ما يمتاز به من غيره من المناهج، بعيد كل البعد عن أن يكون أداة تامة ومكتملة؛ بل إن ما يُميّزه هو أنه منهج في طور النمو دائمًا.

أما ما لم ينجزه البحث فراجع إلى الحدود البشرية التي لا تسمح لأيِّ شخص، في بحث واحد، بأن يستنفد جوانب هذا المنطق النظرية كلها. فالبحث الذي بين أيدينا مدخل ضروري لمنطق الضبابية، لكنه لا يغطي الحقل كله. لذا، يُمثِّل دعوة إلى الباحثين والمناطقة العرب لإجراء مزيد من الدراسات النظرية عن طبيعة هذا المنطق وشرح الرؤية الضبابية للظواهر الأخرى، والمزيد من البحوث النظرية الموسَّعة التي تشرح تفصيلات الضبابية وتوضِّح فلسفتها بشكل أوسع، ما يستدعي من أقسام الفلسفة وأساتذة المنطق أن يولوا اهتمامًا بهذا النوع من التفكير ويدرجوه في البرامج الأكاديمية لهذه المؤسسات، وأن ينجزوا المزيد من البحوث التفصيلية عن كل جانب من جوانبه النظرية. وهذا هو الشرط الذي لا بدَّ منه للانخراط في استثمار فاعل ورشيد، على المستوى التطبيقي، في مجالات البحوث الاجتماعية المختلفة التي بوسع منطق الضبابية أن يكون نافعًا في إطارها.

من هنا تبدو الحاجة ماسة إلى التعمق في البحث النظري في طبيعة الرؤية الضبابية إلى الظواهر كي يكتسب الباحثون تأهيلًا أفضل وخبرة أعمق من شأنهما الارتقاء بالمهارات التطبيقية إلى مستويات متقدمة تسمح بالوصول إلى نتائج مقبولة في ميادينها؛ والأهم من ذلك أنها تسمح بالارتقاء بالباحثين الذين اكتسبوا المهارات البحثية إلى خبراء قادرين على تصميم المجموعات الضبابية ووضع توابع الانتماء وصوغ قواعد الاستدلال. ولو سار جانب من البحوث المنطقية في هذا الاتجاه، في العالم العربي، فلربما أخذ بعض من الغايات الضمنية لهذا البحث طريقه إلى التحقق.

غير أن امتلاك الباحثين تلك الخبرات النظرية والعملية، يبقى ناقصًا ما لم يترافق مع استثمار جهد الخبراء في المجالات المختلفة لتطبيق هذا المنطق، وبما يُعزز العمل المؤسساتي ويعطي لكل خبير أهميته ودوره. وربما يسمح اهتمام صنَّاع القرار باستثمار ذلك الجهد في دراسة الكثير من الظواهر الغامضة والمعقدة في العالم العربي، والحدِّ من المشكلات الناجمة عن سوء اتخاذ القرارات غير المدروسة، بشكلٍ كافٍ.

نختم هذا التقديم بتوصية ملحّة إلى الجامعات ومراكز البحوث، في العالم العربي، خصوصًا المركز العربي للأبحاث ودراسة السياسات، أن تهتم بمنطق الضبابية وتُعدَّ من الأساتذة والخبراء أناسًا قادرين على البحث النظري في هذا الحقل المعرفي، وخبراء قادرين على تحويل المعرفة النظرية إلى مناهج قابلة للتطبيق، على كثير من مشكلاتنا في العالم العربي، وما أكثرها.

يوسف سلامة

مالمو – السويد

حزيران/ يونيو 2014

موجز الكتاب

تعدُّ مشكلة المنهج، في العلوم الإنسانية والاجتماعية، مشكلة قديمة ومتجدِّدة أوجدت تباينًا في آراء الباحثين في تلك العلوم، وتعدُّدًا في المناهج المستخدمة لمقاربة الظواهر المختلفة فيها. ولعل أبرز النتائج التي جسّدتها تلك المشكلة هو ظهور أزمتي المادية والصورية في نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين، التي نجمت عن تطبيق مناهج العلوم الطبيعية والرياضية على الظواهر الإنسانية والاجتماعية. فلم يفلح المنهج الكمي الإحصائي، على الرغم مما قدَّمه إلى العلوم الإنسانية والاجتماعية، في التعبير عن الجوانب الكيفية والغامضة والمعقدة في ظواهرها، كما لم يستطع المنهج الكيفي الذي يكتفي بعدد محدود من الحالات المدروسة، على الرغم من تعمُّقه في تناولها، من تعميم نتائجه. وحاول منطق الضبابية، بوصفه منهجَ بحثٍ في العلوم الإنسانية والاجتماعية، التقرُّب إلى حياة تلك الظواهر بقدر يسمح بالدمج بين التقويم الكمي والكيفي، محاولًا تجنُّبَ عيوب كلا المنهجين والمحافظة على مزاياهما. ويتجلى ذلك التقرُّب في محاكاته الضبابية بتعيُّناتها المختلفة؛ أي إيجاد أو بناء نماذج حاسوبية عبر برامج الذكاء الصُّنعي، مُستمَدَّة من تلك الظواهر وقادرة على محاكاة سلوكها، بقدر كبير. الأمر الذي يساعد في فهمها واتخاذ التدابير اللازمة للتعامل معها.

غير أن منطق الضبابية يهتم أيضًا، كالمنطقين الثُّنائي أو المتعدِّد القيم، بالجوانب النظرية المتعلقة بصدق القضايا وكذبها، وبالاستدلال. لكنه يختلف عنهما في رؤيته تلك القضايا وقيم صدقها، وفي دلالات الاستدلال الذي يستخدمه ووظيفته. فبينما لم يعترف المنطق الثُّنائي القيم إلا بقيمتين للصدق:

الصدق المحض والكذب المحض، يقابلهما قيمتا الانتماء المطلق واللاانتماء المطلق، يضيف المنطق المتعدِّد القيم قيمًا ثالثة ورابعة وخامسة. أما اهتمام منطق الضبابية فانصبَّ على قيم الصدق الجزئية، أو قيم الانتماء اللانهائية الواقعة ضمن المجال [0،1]، أكثر من تركيزه على درجات الصدق الكاملة[1]. ويرجع هذا الاهتمام، بدرجة كبيرة، إلى تركيزه على حيز التحول في حالات الظاهرة المتقابلة تقابلًا قطبيًا، وإعطائها أهمية تفوق أهمية القطبين ذاتهما. لكنَّ ذلك لا يعني أنه يُهمِل هاتين القيمتين، وإنما يصبح لهما دلالة مختلفة عن دلالتهما في المنطق الثُّنائي القيم. وبينما يهتم المنطق الثُّنائي القيم بصحة الاستدلال وفساده، أو باتساق المقدمات مع النتائج، يصبح لقواعد الاستدلال، في منطق الضبابية، وظيفة تطبيقية؛ أي إنها قواعد عمل قابلة للتطبيق، أو خطوات يسلكها البرنامج الخبير. وبذلك، يجمع منطق الضَّبابية الجانبين التطبيقي والنظري، في آنٍ واحدٍ. ويتداخل الجانبان معًا ويتكاملان ليشكِّلا وحدة كلية. وبهذا، يختلف عن المنطقين الثُّنائي والمتعدِّد القيم اللذين يمكن الفصل فيهما بين هذين الجانبين.

من المفيد أن يتقدم البحثَ في جانبي هذا المنطق إلقاءُ الضوء على جذوره التاريخية والكشف عن ملامح الضبابية في بعض ميادين المعرفة، الفلسفية أو العلمية، التي كان لها دور في ولادته. ومعيار الاختيار هو ما يرتبط تحديدًا بمشكلة الضبابية وتعيُّناتها التي طرحتها هذه الميادين، ثم صارت موضع تركيز منطق الضبابية واهتمامه.

أولًا: الجذور التاريخية لمنطق الضبابية

يمكن العثور على بعض الملامح الضبابية في الفلسفة الشرقية التي جسّدت الضبابية فيها رؤية فلسفية، نظرية وعملية؛ وفي الفلسفة الأرسطية وتحديدًا في مقولة الإمكان التي طرحت المشكلة المتعلقة بقيم الصدق؛ وفي المنطق المتعدِّد القيم الذي حاول المشتغلون فيه حلَّ هذه المشكلة على المستوى المنطقي؛

(1) ليس في منطق الضبابية، قيم مطلقة، بل يتحدد الانتماء أو اللاانتماء الكامل وفق الغرض من المجموعة. وفي الحديث عن المجموعات الضبابية نستبدل بالمطلق الكامل أو التام.

وأخيرًا في بعض النظريات العلمية والرياضية التي أدركت غموض الواقع وتعقيده. والهدف من هذا الانتقاء، هو تأكيد أن هذه المشكلات بقيت عالقة إلى أن جاء منطق الضبابية بحلٍّ أكثر ملاءمة، على المستويين المنطقي النظري والمنهجي التطبيقي. ففي الفلسفة الشرقية، ثمة ملامح ضبابية يمكن العثور عليها داخل الطاوية والبوذية. وتكمن تلك الملامح، ضمن الطاوية، في الاتحاد مع «الطاو» بوصفه مصدر الوجود والحركة والتداخل بين المتناقضات. فمنه انبثق رمز التناقض وشعاره، الين واليانغ، ومنهما تولد الأشياء كلها وفق نماذج من التداخل العضوي. ولهذا الرمز جزءان، «الجزء الأيمن المظلم يمثل الين، والجزء الأيسر المنير يمثل اليانغ. في سويداء الين بقعة من اليانغ، وفي سويداء اليانغ نقطة من الين». ويُنصِّف هذا الرمزَ منحنى متعرِّجٌ نصفين متكافئين، من دون أن يفصل بينهما، بل يبقيان متداخلين. كما أنهما يتحركان حركة دورانية أبدية أزلية. فـ «عندما يصل اليانغ إلى لحظته الختامية، يتجلى الين حينئذٍ، وحينما يكتمل الين يبدأ اليانغ مجددًا»، إنه عَوْد سرمدي إلى لحظة البداية النهاية.

الملامح الضبابية في هذا الرمز ثلاثة: **أولها**، اجتماع النقيضين - الين واليانغ - وتداخلهما في الشيء الواحد واللحظة ذاتها. وأشد مستويات الضبابية هي اللحظة التي يتساوى فيها هذان النقيضان. وهذا التداخل يشبه تداخل المجموعات الفرعية الضبابية. **وثانيها**، انحناء منطقتي الين واليانغ كانحناءات توابع الانتماء إلى المجموعة الضبابية. **وثالثها**، الحركة الدورانية بوصفها انتقالًا انسيابيًا سلسًا شأنها شأن انتقال قيم الانتماء إلى المجموعة الضبابية، من الانتماء الكامل إلى اللاانتماء الكامل وبالعكس.

أما داخل البوذية، فتكمن الملامح الضبابية **أولًا**، في «تمزيق حجاب القسمة الثنائية، والنظر إلى العالم كما هو قائم في ذاته، ومليء بالمتناقضات»؛ **وثانيًا**، في الحركة الدورية والتغير المستمر الذي يحكم الواقع عبر «نظرية النشوء التابع أو المعتمد على غيره»، فرفض القسمة الثنائية تشديدٌ على التداخل بين الحالات المتناقضة أو المتعارضة؛ لأن الواقع غامضٌ ومعقدٌ؛ وتأكيدٌ أن الجمع بين المتناقضات، لا ينجم عنه تنافر، ولا يقتضي استبعادًا؛ لأن كلَّ موجود تابع لغيره

ومتبوع بغيره. وهذا الاستبعاد كرسه المنطق الأرسطي بمبادئه، وحاول المشتغلون بمنطق الضبابية تجنبه.

غير أن المنطق الأرسطي، على الرغم من الطابع الثنائي الذي طبعه، لم يكن خاليًا بدوره من بعض العناصر الضبابية. فمقولة الإمكان، بوصفها إحدى المقولات الثلاث للجهة - الضروري والممتنع والممكن - تنطوي على بعض إرهاصات الضبابية. وجسدت درجاتُ الإمكان قيم الصدق الجزئية للقضايا. فالممكن ربما يصدق على ما «يمكن أن يوجد ويمكن ألا يوجد [...] ذلك أن الممكن هو ما ليس ضروري الوجود». فـالممكن الوجود، مكافئ لما ليس ممتنع الوجود، ولما ليس واجب الوجود. فهو إمكان الوجود وإمكان اللاوجود بالقوة، من جهة التحقق، وإمكان الصدق وإمكان الكذب، من جهة المعرفة. وهذه صورة من صور التفكير الضبابي. وللممكن عند أرسطو، ثلاث درجات تقال على مستوى التحقق، ومثلها على وثاقة ارتباط المحمول بالموضوع. أما على مستوى التحقق، فالقضايا المتقابلة إما ممكنة «على الأكثر» فتكون لإحداها أفضلية التحقق، وتكون مقابلتها ممكنة «على الأقل». وإما ممكنة «على التساوي»، وفيها لا يمكن ترجيح التحقق أو عدمه لإحداهما على الأخرى.

أما الدرجات على مستوى ارتباط المحمول بالموضوع فهي الحمل الممكن «الأعم»، وهو صفة عامة عَرَضية لا تدلُّ على وثاقة ارتباط المحمول بالموضوع. والحمل الممكن «الأخص» ليس ضروريًا للموضوع، لكنه لازم لماهيته ويدلُّ على وثاقة هذا الارتباط. والحمل الممكن «على التساوي» وهو من خواص الماهية لكنه ليس مقوِّمًا لها. ويَستخدِم منطق الضبابية درجات الإمكان اللغوية، مثل «كثيرًا جدًا» و«إلى حدٍّ ما» و«باعتدال»، ليميز الأقل من الأكثر، وفقًا لقيم الانتماء إلى المجموعات الفرعية الضبابية الممثلة للظواهر الغامضة. وبذلك، فمقولة «الإمكان» الأرسطية هي التي أسست الخروج على المبادئ الصارمة للمنطق التقليدي، وكانت من بين العوامل التي ساعدت المناطقة المعاصرين في اختراق الحيِّز الفاصل بين الصدق المحض والكذب المحض. وبفضل جهد مناطقة مدرسة وارسو في عشرينيات القرن الماضي، ولد المنطق المتعدِّد القيم،

انطلاقًا من نقد مبدأ الثالث المرفوع، وقصوره لدى الحكم على بعض القضايا المشكوك في صدقها أو كذبها. لذا، أضافوا القيمة [½] لتتوسط قيمتي الصدق المحض والكذب المحض، ثم أضافوا قيمًا رابعة وخامسة وسادسة، لنصبح أمام المنطق الرُّباعي أو الخماسي أو السُّداسي القيم. لكن، في نهاية المطاف، بقي بعض القيود مفروضًا على قيم الصدق، وإن تعددت، وبقي بعض القيم مستبعَدًا، وإن سُمِح لبعضها الآخر بالظهور.

اهتمَّ هؤلاء المناطقة بإشكالية الغموض ومشكلات صدق القضايا المرتبطة به، والإحراج الناجم عن قسرٍ في الاختيار بين قيمتين لا ثالث لهما، محاولين توسيع قيم الصدق وتعميم العمليات المنطقية المطبقة على قضايا المنطق الثُّنائي القيم. ورُكّزت محاولاتهم على إيجاد قيم الصدق المنطقي للعطف والانفصال واللزوم والتكافؤ بين قضيتين لهما قيمٌ جزئية للصدق واقعة بين الصدق والكذب. لكن تباينت آراؤهم في دلالة القيمة المضافة، وفي دلالة القيمة الناتجة من العمليات المطبقة. فرأى لوكاشيفتش أن القضايا ذات قيم الصدق الجزئية - عنده المرتبطة بالمستقبل - ممكن أن تكون صادقة أو كاذبة، فلا صدقها ولا كذبها ضروريان، بل هو «غير متحدِّد» أو «غير متعيِّن». أما كليني فنظر إلى القضايا التي تعكس تطبيق محمول غامض على تخوم الصدق المحض والكذب المحض على أنها حيادية أو غير متحدِّدة أكثر من كونها غير صادقة وغير كاذبة. في حين رأى بوشفار، المهتم بقضايا المفارقات، أنها قضايا بلا معنى؛ أي ليست صادقة ولا كاذبة؛ لأن الصدق أو الكذب لا يقال إلا على القضايا ذات المعنى.

غير أن إضافة تلك القيم لم تحلّ مشكلة الغموض؛ لأنها مشكلة واقعية وليست منطقية أو لغوية، بل فصَلَت بين قيمتي الصدق صادق ومحايد، وبين القيمتين محايد وكاذب. وخلافًا للانتقال الانسيابي بين قيم الصدق في منطق الضبابية، فالانتقال بينها أشبه بالانتقال بين قيمتي الصدق صادق وكاذب. فضلًا عن أنه لا يمكن للقضية الواحدة أن تجمع بين قيمتين للصدق، في آن واحد؛ لأن هذه القيم متخارجة، فلا يمكنها أن تكون محايدة وصادقة، أو محايدة وكاذبة، أو أن تجمع بين درجات مختلفة من قيم الحيادية، فهي إما محايدة وإما غير محايدة.

لكن، على الرغم من ذلك، تكمن أهمية محاولات هؤلاء المناطقة في أنها منحت قيمة لبعض «المابين»، ودفعت المشتغلين بمنطق الضبابية إلى العثور على حلٍّ أفضل لتلك التخوم. ويضاف إلى هذا الدافع الدور الذي أداه تطور العلوم الفيزيائية والرياضية في مساعدتهم في الانشغال بالظواهر المعقدة والأشد غموضًا.

بهذا، استوحت نظرية المجموعات الضبابية، بعضًا من مبادئ الفيزياء الكوانتية، وأهمها مبدآ التتام واللايقين[2]. كما كان لانبثاق نظرية الكايوس المهتمة بالتعقيد، وصعوبة التنبؤ الذي يوجده، أثر كبير في استرعاء انتباه لطفي زاده لضرورة معالجته، بطريقة أكثر إتقانًا، من نظرية الاحتمالات. إذ شكَّل مبدأ التتام انزياحًا عن نمط التفكير الانفصالي، على المستوى النظري والمنطقي، وساهم في نقلة نوعية في الفيزياء الكوانتية؛ حيث لم تعد إحدى الطبيعتين - الموجية أو الجسيمية - بمفردها تستنفد الواقع الفعلي للضوء، وإنما كلتاهما تتمِّم الأخرى، ولم يعد الفصل بين الذات والموضوع ممكنًا؛ لأنَّ بينهما تفاعلًا متبادلًا. وتكمن أهمية هذا المبدأ في النظر إلى كلتا الطبيعتين على أنهما ليستا متناقضتين، الأمر الذي يقتضي استبعاد إحداهما الأخرى، بل كلتاهما مختلفة وتشكِّلان معًا ظاهرة واحدة هي الضوء. أما مبدأ اللايقين فأوجد تحديًا كبيرًا للفيزيائيين ولفروع المعرفة الإنسانية المختلفة؛ لأنه كشف عن زيف الادعاء بالحقائق المطلقة واليقين المطلق، وبيَّن أن في أي معرفة قدرًا من اللايقين، يزداد وينقص بدرجة ما، وما من سبيل للتخلص منه. وطرح السؤال على العلماء والفلاسفة، على حدٍّ

---

(2) مبدأ التتام (Complementarity) وضعه نيلز بور في عام 1913، ويؤكد فيه أن ظواهر التداخل والحيود والانكسار والانعكاس تثبت أن للضوء طبيعة موجية، وأن ظاهرتي الامتصاص والانبعاث تثبتان أن له أيضًا طبيعة جسيمية. لكنه يرى، خلافًا لبروي، أن هاتين الطبيعتين لا تجتمعان، في آن واحدٍ، وفي اللحظة ذاتها. انظر: رولان أومنيس، **فلسفة الكوانتم: فهم العلم المعاصر وتأويله**، ترجمة أحمد فؤاد باشا ويمنى طريف الخولي، عالم المعرفة؛ 350 (الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، 2008)، ص 239، و Constantin Antonopoulos, «Reciprocity, Complementarity and Minimal Action,» *Annales Fondation Louis de Broglie*, vol. 29, no. 3 (2004), pp. 435-437.

أما مبدأ اللايقين (Uncertainty) فوضعه هايزنبرغ في عام 1927، ورأى تعذُّر إمكان تعيين مكان الإلكترون وسرعته، في الوقت نفسه، تعيينًا دقيقًا؛ نظرًا إلى الاضطراب المتبادل بين الذات والموضوع، وبين الموضوع وأداة القياس. انظر: فيرنر هايزنبرغ، **فيزياء وفلسفة: ثورة في الفيزياء الحديثة**، ترجمة أدهم السمان (دمشق: وزارة الثقافة، 1984)، ص 26.

سواء، عن أيِّ حقيقة تبحثون؟ واعتبر أيَّ قسمة صارمة في العالم الكوانتي، بين الذات والموضوع أم بين الموضوع المقاس وأداة القياس، قسمة تعسفية غير منطقية. لذا، تخلّى العلم المعاصر عن مفاهيم الحتمية واليقين والموضوعية، واستبدل بها مفاهيم اللاحتمية واللايقين واللاموضوعية، وتخلى المنطق بدوره عن الحقيقة المطلقة، واستبدل بها حقائق جزئية أو درجات متباينة من الصدق المنطقي. وبذلك، أوجد هذان المبدآن طريقة جديدة في التفكير، ساهمت، في ما بعد، في تعزيز التفكير الضبابي بدلًا من المحدَّد والصارم.

أما نظرية الكايوس فوضعت حدًّا للتنبؤ بسلوك الظواهر المعقدة. وبينما تكشف نظرية النظام عن أنظمة تراتبية مستقرة ومتوازنة تتغير تغيرات خطية، تكشف نظرية الكايوس عن منظومات معقدة دينامية غير متوازنة تتغير تغيرات لاخطية. وتبدي الأنظمة استقرارًا وتوازنًا، وتحكمها تغيرات خطية يسهل التنبؤ بها، خلافًا للمنظومات المعقدة، البعيدة عن الاستقرار والتوازن التي تحكمها تغيرات لاخطية يصعب أو يتعذّر التنبؤ بها. والأهم من ذلك، حساسية تلك المنظومات للشروط الأولية. فالتغير الطفيف في أحد عناصر النظام أو المنظومة يؤدي إلى تغيرات نوعية في سلوك هذه أو ذاك. وما أن تصل التغيُّرات النوعية، أو ما يسمى «نقاط التشعب» إلى «لحظات صراع» حتى تصبح التحولات مفاجئة ولايقينية ومضطربة، ربما تفضي إلى تمزيق النظام القائم أو المنظومة، لتوجد منظومة أكثر تعقيدًا، وربما تؤدي، على نحو انسيابي، إلى إمكانات مذهلة وخلّاقة.

في ضوء ما سبق، أثارت هذه النظريات وغيرها الكثير من المشكلات المتعلقة بالغموض والتعقيد، التي لا تكفي الطرائق التقليدية لمعالجتها، فهل يوفر منطق الضبابية حلًا أفضل؟ وما هي مسوّغات استخدامه؟

ثانيًا: مسوّغات استخدام منطق الضبابية

البحث في مسوّغات استخدام منطق الضبابية هو بحث في الأسباب التي تجعل استخدامه أداة أكثر ملاءمة وإتقانًا من المناهج التقليدية. ويمكن حصرها هنا في سببين أساسيين؛ **أولهما** اهتمامه بالضبابية وتعيّناتها، على المستويات

الثلاثة، الأنطولوجية والإبيستمولوجية والسيمانطيقية. وثانيهما الشبه الظاهري بين نظرية الاحتمالات والنظرية الضبابية الذي أدى إلى الخلط بينهما، ما يقتضي إبرازه والكشف عن قصور النظرية الأولى والمناهج التي تستخدمها، عن مراعاة تلك التعينات المميِّزة لكثير من الظواهر الإنسانية والاجتماعية.

- **على المستوى الأنطولوجي**: نقصد بالضبابية، على المستوى الأنطولوجي، غموض الظواهر الواقعية وتعقيدها. فللغموض (Vagueness) معانٍ عدة: «الانتقال التدريجي الانسيابي بين حالتي التحقق الفعلي واللاتحقق الفعلي، أو بالعكس؛ والتداخل بين هاتين الحالتين الكيفيتين، أو بين الكثير من الحالات الممكنة بينهما»، أو التداخل بين الميادين المتعددة. ويقابل أيضًا «الحالات التي قد لا يتفق في شأنها الأشخاص، في الشروط نفسها [...] أو التي قد يختلف استعمالها بالنسبة إلى الشخص نفسه، في سياقات متعددة». ومن شأن هذا التداخل أن يحول دون إمكان الفصل الحاد بين الظواهر المتاخمة أو الميادين المتداخلة. أما التعقيد (Complexity) فمميز للظواهر الدينامية الكايوسية التي تتغير تغيرات لاخطية، وتحكمها عوامل غير قابلة للضبط، كما يختلف سلوكها عن سلوك عناصرها. وبالتالي، تتطلّب معالجتها حذرًا في تفكيكها ومعالجة كل واحد من عناصرها بشكل منفرد. إضافة إلى حساسيتها للشروط الأولية وتنوّع الشروط التي تحكمها، فضلًا عن تنوُّع النتائج التي تؤدي إليها الشروط ذاتها، وتناقضها أحيانًا. وتُحدِث التغيرات الطفيفة في الشروط الأولية آثارًا دراماتيكية على المدى البعيد؛ لأنها تتضخَّم بصورة متكررة، الأمر الذي يسبب عدم استقرار في المنظومة، من جهة، ويوجد أشكالًا جديدة تعيد تنظيم ذاتها، من جهة أخرى. فكثير من الظواهر التي تبدو متشابهة، لا تكون شروطها الأولية متطابقة. وكثير من الشروط الأولية المختلفة، اختلافًا طفيفًا، تفضي إلى سلوك الظواهر، على المدى البعيد؛ سلوكًا متباعدًا؛ بسبب التضخم مع اللاخطية.

من البيِّن أن أنصار منطق الضبابية، خلافًا لأنصار المنطقين الثنائي أو المتعدِّد القيم[3]، يسلِّمون بأن الغموض صفة ملازمة وكامنة في بعض الظواهر الواقعية،

(3) يسلِّم أنصار المنطق الثُّنائي القيم بأن الواقع بسيط وواضح ومحكوم بإما/ أو. أما المشتغلون =

أو في بعض جوانبها على الأقل، وليس صفة عَرَضية يمكن تجاهلها أو التخلص منها، وأن التعقيد مرتبط بالكثير من الظواهر الطبيعية والإنسانية والاجتماعية. الأمر الذي يجعل تناولها بالأدوات المستخدمة في الظواهر البسيطة، متعذّرًا. وينطوي هذا التسليم على أن المشكلة لا تكمن في الأدوات فحسب، وإنما في التعقيد والغموض أيضًا. وعلى الرغم من ذلك، يواصل البشر محاولاتهم تطوير أدوات تمكّنهم من فهمهما، بدرجة أو بأخرى. وبهذا المعنى يبدو الواقع أغنى من أن يُختزَل أو تحوط به تلك الأدوات، لكنها تقارب تعقيده لهذه الدرجة أو تلك.

- **على المستوى الإبيستمولوجي**: يتفاعل التعقيد والغموض ويتداخلان في الظواهر ويتبادلان التأثير وينعكسان على المستوى الإبيستمولوجي، في مفهوم اللايقين الذي يهتم المشتغلون بمنطق الضبابية بأشكاله المتعددة، وأهمها: اللايقين اللامعرفي، أو الناجم عن أسباب غير معرفية، أي متغيرات بعضها نظامي وبعضها عشوائي؛ واللايقين المعرفي الذي يتضمن اللايقين الذاتي، أو الناجم عن تفاوت الخبرات البشرية؛ واللايقين المفتقر إلى اكتمال المعرفة. إضافة إلى اللايقين الناجم عن الغموض والتعقيد. وفي الحالات كلها ثمة تفاعل متبادل

= بالمنطق الحديث فاهتموا بمفهوم الغموض بوصفه مشكلة لغوية أو تتعلق بقصور أدواتنا المعرفية. فذهب فريجه إلى أنه ناجم عن عيبٍ أو خلل في اللغة الطبيعية. انظر: ياسين خليل، «نظرية جوتلوب فريجه المنطقية: الطريقة في المنطق،» مجلة كلية الآداب (جامعة بغداد)، العدد 9 (نيسان/أبريل 1966)، ص 203، 213 و219. أما في نظر برتراند راسل، فالغموض ناجم عن عدم الدقة في تمثيل الأشياء بواسطة اللغة. والأشياء هي كما تظهر عليه في الواقع، ولها نهايات محدَّدة وواضحة. ومظهر الشيء يزداد غموضًا كلما ابتعدنا عنه أكثر فأكثر، ويتلاشى غموضه كلما ازدادت أدواتنا دقة. انظر: Bertrand Russell, «Vagueness,» *Australasian Journal of Psychology and Philosophy* (June 1923), pp. 84-92, on the Web: <www.personal.kent.edu/~rmuhamma/Philosophy/RBwritings/vagueness.htm>.

عرّف ماكس بلاك الغموض تعريفًا مهّد لولادة المجموعة الضبابية؛ حيث يعني عنده، وجود حالات متاخمة يبدو من المتعذّر معها الاختيار بين تطبيق المصطلح عليها أو عدم تطبيقه. انظر: Max Black, «Vagueness: An Exercise in Logical Analysis,» *Philosophy of Science*, vol. 4, no. 4 (1937), pp. 427-455.

لكن وليامسون يردُّ الغموض إلى كونه يعكس حدود قدرتنا المعرفية، أو ينبثق من عدم فهمنا الحالة لا من الحالة ذاتها التي لها خياران لا ثالث لهما، إما أن تتحقق، وإما أن تخفق في التحقق بشكل واضح، في كلتا الحالين. انظر: Timothy Williamson, «Vagueness in Reality,» in: Michael J. Loux and Dean W. Zimmerman, eds., *The Oxford Handbook of Metaphysics* (Oxford; New York: Oxford University Press, 2003).

بين الذات والموضوع[4] أو بين عناصر الظاهرة ذاتها. وبشيء من التفصيل يمكن ملاحظة ما يأتي:

• النوع الأول من اللايقين - اللامعرفي - هو الذي لا يمكن الحدُّ منه بزيادة عدد مرات الاختبار؛ لأن التغيرات لا تتكرر على نحو يمكن ضبطها أو تقويمها، وإنما تتطلب مهارة وخبرة لتعيينها. وبالتالي، الظواهر الغامضة والمعقدة لا تتطلب دقة أو تحديدًا صارمًا، بل إتقانًا في التمثيل. وهذا النوع لا يمكن للنظرية الاحتمالية حسابه.

• النوع الثاني - المعرفي - يمكن الحدُّ منه عادة بتكرار القياس، وفي وسع النظرية الاحتمالية التعامل معه عبر حساب إحصائي للانحراف المعياري للمتغيرات المُقاسة. وهذا النوع مرتبط بتفاوت الخبرات بين البشر، فيحيل على مفهوم الإتقان في إنجاز العمل ويكشف عن الفروق الفردية بين الخبراء في تقويم الظاهرة نفسها.

• الالتباس في اللغة، وهو التعين الثالث للضَّبابية، منفصل عن التعينات الأخرى، لأن الغموض في الظاهرة واللايقين في المعرفة ربما يفضيان إلى تعدد آراء الخبراء أو تناقضها. ويظهر هذا التعدد في الآراء، بشكل أكبر، في الظواهر الإنسانية والاجتماعية. وبالتالي، يصبح الحكم على بعض القضايا المرتبطة بها، بالصدق أو الكذب، أمرًا متعذرًا، ويكون الحكم الأكثر تعبيرًا هو أنها صادقة إلى درجة ما، وكاذبة إلى درجة أخرى، أو أنها صادقة وكاذبة في آنٍ واحد. والالتباس في اللغة الطبيعية الذي يهتم به المشتغلون بمنطق الضبابية، هو ما يسمح بتعدد الأفهام والتقريب، وفقًا للغرض المراد تحقيقه. وسواء تعلَّق الأمر بالغموض أم باللايقين أم بالالتباس، فالتغيُّر الانسيابي والتداخل، هما ما تستطيع المجموعات

---

(4) يحصر دينيس ليندلي - المدافع عن نظرية الاحتمالات - اللايقين في كونه يعبّر عن طريقة الذات في تقدير عوامل اللايقين. ويؤكد مرارًا امتداد صفحات كتابه: اللايقين هو لايقينك أنت. انظر:
Dennis V. Lindley, *Understanding Uncertainty* (Hoboken, NJ: Wiley, 2006).
من الصعب قبول هذا الرأي، لأن اللايقين ينطوي على جوانب ذاتية وموضوعية يصعب الفصل بينها.

الضبابية تمثيله، خصوصًا في ميدان العلوم الإنسانية والاجتماعية؛ لكون الظواهر فيهما، على الأغلب، أكثر تداخلًا وأشد تعقيدًا من الظواهر الطبيعية. وانطلاقًا من تعينات الضبابية، تبرز الحاجة إلى الكشف عن أوجه الشبه الظاهري بين نظرية الاحتمالات والنظرية الضبابية، وإظهار جوانب قصور الأولى عن مراعاة تلك التعينات، على الرغم مما حققته من تقدُّم في ميادين المعرفة العلمية المختلفة. وتتلخص أوجه الشبه بينهما في ثلاثة: **أولها** النسب الاحتمالية وقيم الانتماء إلى المجموعة الضبابية؛ **وثانيها** التوزع التكراري الاحتمالي وتوابع الانتماء إلى المجموعة الضبابية؛ **وثالثها** معالجة اللايقين.

يكمن التماثل الظاهري **الأول** في أن كلتا النظريتين تعطي نتائجها ضمن المجال [0،1]. وبينما تدلُّ النسب الاحتمالية على أرجحية وقوع الحدث، أو تكرار حدوثه، قياسًا إلى العينة ككل، تدلُّ قيم الانتماء إلى المجموعة الضبابية على إمكان المقارنة في ما إن كانت قيمة انتماء أحد الأعضاء إلى المجموعة الضبابية أكبر من قيمة انتماء عضو آخر إلى المجموعة نفسها أو إلى مجموعتها المتمِّمة [5]. إضافة إلى أن نظرية الاحتمالات تشترط أن يكون مجموع النسب الاحتمالية لوقوع الحوادث، أو لأثر المتغيرات في النتيجة، مساويًا للواحد، وهذا يعدُّ إحدى نقاط الضَّعف فيها؛ لأن هذا الشرط ربما ينطبق على الحوادث المنتهية التي يمكن حصر احتمالاتها، لكنه لا ينطبق على الحالات المتعلقة بظواهر تنطوي على إمكانات مفتوحة لا يمكن التنبؤ بها. كما أن حذف، أو إضافة، أي احتمال، لسبب أو لآخر، يغيّر النسب الاحتمالية كلها كي تحافظ على تحقيق هذا الشرط. وفي المقابل، لا تضع النظرية الضبابية مثل هذا الشرط. بل يمكن للعضو الواحد أن ينتمي إلى أكثر من مجموعة ضبابية، في الوقت نفسه، وإلى أيٍّ من مجموعاتها الفرعية، ومجموع قيم انتمائه ربما يساوي الواحد أو أكثر أو أقل منه. وعدم التقيُّد بمثل هذا الشرط يسمح بتغيير قيم الانتماء إلى كل مجموعة فرعية ضبابية على حدة، ويدلُّ على الانفتاح على الخيارات الممكنة كلها، القابلة للتنبؤ وغير القابلة. يضاف إلى ذلك أن نظرية الاحتمالات تصبح أقل فاعلية كلما زاد عدد

---

(5) Michael Smithson, «Fuzzy Set Inclusion: Linking Fuzzy Set Methods with Mainstream Techniques,» *Sociological Methods and Research*, vol. 33, no. 4 (May 2005), p. 433.

الاحتمالات أو عدد المتغيرات الذي يزيد تعقيد العمليات الحسابية، ويضاعف الجهد اللازم لإنجازها ويتطلّب وقتًا طويلًا للتنبؤ ببعض الحوادث التي ربما تقع قبل إعطاء النتيجة. إذ يمكن أن يتنبأ كمبيوتر سريعًا، باتجاه الإعصار استنادًا إلى عمليات حسابية معقدة، لكن ربما يمر الإعصار قبل أن ينتهي الكمبيوتر من عملياته الحسابية، ما يجعل هذه النظرية غير كافية في حالات كثيرة مشابهة.

أما التشابه الظاهري الثاني فهو أن كلتا النظريتين تستخدم منحنيات بيانية. وبينما تبيِّن منحنيات التوزع التكراري، في نظرية الاحتمالات، توزُّع قيم المتغيرات وانحرافها عن القيمة الوسطى، ولا تُستخدَم في حساب النسب الاحتمالية، فلتوابع الانتماء، في المجموعة الضبابية، وظيفة أساس تتمثّل في تعيين قيم انتماء الأعضاء إلى المجموعة الضبابية وتحديد المجموعات الفرعية الضبابية وقواعد الاستدلال الضبابي. كما أن لها أشكالًا مختلفة تسمح بتمثيل التغيرات اللاخطية في الظواهر المختلفة، ويتطلب تعيينها خبرة نظرية وعملية في الظاهرة المدروسة.

أما التشابه الظاهري الثالث فهو أن كلتا النظريتين تهتم باللايقين في المعرفة. لكن نظرية الاحتمالات تهتمُّ باللايقين الناجم عن نقص المعرفة؛ أو بمقدرة البشر على إمكان تقدير نسبة وقوع الحوادث؛ وتقدير المتغيرات العشوائية. ويصبح معنى القضية الاحتمالية عدم القدرة على الوصول إلى معرفة يقينية، أو عدم القدرة على معرفة أسباب الظاهرة. فاللايقين هنا، سابق على وقوع الحدث وليس ملازمًا له، لكنه يتحول إلى يقين بعد وقوعه؛ أي يتلاءم عكسًا مع المعرفة. أما النظرية الضبابية فتهتم بأنواع اللايقين كلها. كما أن زيادة المعرفة هنا لا تؤدي إلى نقصان الضبابية؛ مثلما هو الحال في الاحتمالات، بل تسلك الضبابية سلوكًا معاكسًا؛ أي إن «زيادة المعلومات تقلل الاحتمالات، لكنها تزيد الضبابية»، أو تزيد اللايقين بوصفه أحد تعيّناتها، فتساعد في الكشف عن العناصر الضبابية أو معرفة الحالات المتاخمة، خصوصًا بين الحالة ونقيضها.

تكشف تلك الفروق بين النظريتين عن الحاجة الأساسية إلى منطق الضبابية في قدرته على التعامل مع الظواهر الغامضة والمعقدة والمعرفة اللايقينية واللغة الملتبسة، بطريقة أكثر فاعلية من النظرية الاحتمالية. إضافة إلى عدد من المزايا

التي يمتلكها هذا المنطق بمكوناته المختلفة. ومن شأن ذلك كله أن يجعل من تلك النظرية أداة غير كافية، في مثل تلك الحالات، وليس أداة غير صحيحة. الأمر الذي يقتضي الدخول في مكونات منطق الضبابية.

ثالثًا: مكونات منطق الضبابية

يقود البحث في مكوّنات منطق الضبابية إلى الكشف عن الجانبين الأساسيين فيه: النظري المنطقي والتطبيقي التقني. يقارن الجانب الأول بين المجموعات التقليدية والمجموعات الضبابية من حيث التعريف والعمليات الأساسية المطبّقة عليهما وتوابع الانتماء والعلاقات من زاوية نظرية منطقية، أو من زاوية قيم الانتماء والصدق. بينما يتناول الجانب الثاني استخدام هذه الأدوات في الاستدلالات الضبابية بوصفها خطوات عمل تسلكها الأنظمة الخبيرة التي تُغذّى بها الآلة، لتتمكن من اتخاذ الإجراء الأكثر ملاءمة، للموقف الراهن. والهدف من ذلك هو إبراز نقاط القوة في منطق الضبابية التي يفتقر إليها المنطق التقليدي على المستوى النظري المنطقي، كما يفتقر إليها التحكم التقليدي على المستوى التطبيقي التقني.

من حيث التعريف: تُعرَّف المجموعة التقليدية بأنها مجموعة لكل عضو فيها أحد احتمالين فقط؛ إما أن ينتمي إلى المجموعة وإما أن لا ينتمي إليها، أي إنها تصنِّف الموضوعات تصنيفًا لا يسمح بالتوسُّط بين قيم الانتماء واللاانتماء، بل ينتقل العضو، انتقالًا مباشرًا أو مفاجئًا، من الانتماء المطلق إلى المجموعة إلى اللاانتماء المطلق أو بالعكس. وهذا لا يسمح بتمثيل الحالات الواقعية المتاخمة. أما المجموعة الضبابية فتُعرَّف «بأنها مجموعة يرتبط كل عضو فيها بعددٍ حقيقيٍّ يقع ضمن المجال [1،0]، فيكون لكلِّ عضو جزء من درجة الانتماء إلى المجموعة الضبابية». ينتقل بينها، انتقالًا انسيابيًا؛ إضافة إلى أن لبعض الأعضاء إحدى درجتي الانتماء [0] و[1]. الأمر الذي يسمح بتمثيل الكثير من الظواهر الواقعية الغامضة التي يصعب أو يتعذّر تصنيف انتمائها بدقة. وبهذا المعنى، فالمجموعة الضبابية أكثر ملاءمة، من المجموعة التقليدية لتوصيف الحالات المتاخمة؛

لأن المجموعة الثانية تختزل قيم الانتماء بقيمتين فقط: طرفا المجال أو نهايتاه، فتعكس بذلك قيمًا رياضية مجردة لا يقابلها إلا جانب محدود من الواقع.

أما من حيث العمليات الأساس المُطبَّقة: وهي التقاطع والاجتماع والتضمُّن بين مجموعتين، ونفي أو إكمال أو متمِّم المجموعة. فينتج من تقاطع مجموعتين تقليديتين أو أكثر، مجموعة ينتمي أعضاؤها إلى المجموعتين المتقاطعتين معًا، وتُستخدَم هذه العملية لتضييق خيارات الشروط التي يجب أن يتَّصف بها الأعضاء لتجمع بين الانتماء إلى المجموعتين، في الوقت نفسه. فكلما ازداد عدد الشروط، قلَّت العناصر التي تحققها. لكن التقاطع بين مجموعتين ضبابيتين أو أكثر هو «المجموعة الضبابية الأعظم المتضمَّنة في كلتا المجموعتين الضبابيتين في الوقت نفسه». بمعنى أن قيم الانتماء إلى ناتج التقاطع تساوي الحدّ الأدنى لقيم الانتماء إلى المجموعتين الضبابيتين المتقاطعتين. كما في (الشكل 3-8) في الفصل الثالث.

أما ناتج الاجتماع بين مجموعتين تقليديتين أو أكثر، فهو مجموعة ينتمي أعضاؤها إلى إحدى المجموعتين، على الأقل. وبهذا، فهو تجميع الأعضاء ضمن مجموعة واحدة، بصرف النظر هل تشترك في الصفات ذاتها أم لا. وتُستخدَم هذه العملية لتوسيع خيارات البحث عن الشروط التي تتَّصف بها الأعضاء، حيث يُكتفى بانتمائها إلى إحدى المجموعتين، على الأقل، في حال عدم وجود عناصر مشتركة. فكلما ازداد عدد الشروط يزداد عدد العناصر، لكنَّ ناتج الاجتماع بين مجموعتين ضبابيتين هو «المجموعة الضبابية الأصغر المتضمَّنة في المجموعتين الضبابيتين في الوقت نفسه». بمعنى أن قيم الانتماء إلى ناتج الاجتماع تساوي الحدّ الأعلى لقيم الانتماء إلى المجموعتين الضبابيتين. كما في (الشكل 3-10) في الفصل الثالث.

أما النفي المنطقي لمجموعة تقليدية فتنتج منه مجموعة ينتمي أعضاؤها إلى المجموعة الشاملة، ولا ينتمون إلى المجموعة الأصلية. وهذه العملية تشطر المجموعة الشاملة إلى مجموعتين متخارجتين تقتسمان الأعضاء في ما بينهما. فلا يجمع العضو الواحد بين انتمائه إلى المجموعة وإلى متمِّمتها، في آنٍ واحد، وبذلك يتحقق مبدأ عدم التناقض والثالث المرفوع. وفي المقابل، ينتج من النفي

الضبابي مجموعة ضبابية تناظر المجموعة الأصلية، أو تعكسها، بالنسبة إلى القيمة الواقعة عند منتصف المجال [1،0]. ويبيّن (الشكل 3-13) في الفصل الثالث أن منحنى الانتماء إلى المجموعة الضبابية المتمِّمة هو مقلوبُ منحنى الانتماء إلى المجموعة الضبابية الأصلية. كما يمكن أن يجمع العضو بين انتمائه إلى المجموعة ومتمِّمتها في آنٍ واحد، ويكون لأيِّ عضو جزءان من درجة الانتماء يكمِّل أحدهما الآخر إلى الانتماء الكامل. وتكشف تلك العملية عن عدم سريان مبدأي عدم التناقض والثالث المرفوع في المجموعات الضبابية؛ فانتماء العضو إلى المجموعة ومتمِّمتها يكون في آن واحد، لكن بجزأين مختلفين من الدرجة، وليس فيه تناقضٌ، ولا يقتضي استبعادًا. بل ناتج تقاطع المجموعة الضبابية مع متمِّمتها، هو بموجب التقاطع الضبابي، مجموعة لأعضائها الحد الأدنى لقيم الانتماء إلى المجموعتين. وناتج اجتماعهما هو، بموجب الاجتماع الضبابي، مجموعة لأعضائها الحد الأعلى لقيم الانتماء إلى المجموعتين.

آخر تلك العمليات هو التضمُّن أو الاحتواء الذي يعيِّن المجموعات الفرعية المتضمَّنة في مجموعة ما. فتكون المجموعةُ فرعيةً من مجموعة أكبر، أو مُتضمَّنة فيها، تضمّنًا كلّيًا، إذا كان كل عضو من المجموعة الأولى مُتضمَّنًا في المجموعة الثانية، ويوجد عضو، على الأقل، في الثانية، غير موجود في الأولى، وتكون المجموعتان متساويتين إذا كان لهما العناصر نفسها. وفي المقابل، تكون «المجموعة الضبابية مُتضمَّنة في مجموعة ضبابية أخرى - أو مجموعة فرعية منها، أو أصغر أو مساوية لها - إذا وفقط إذا كانت قيم الانتماء إلى المجموعة الأولى، أصغر من قيم الانتماء إلى المجموعة الثانية، أو مساوية لها». كما في (الشكل 3-15) في الفصل الثالث. واختلاف التضمن هنا عنه في المجموعة التقليدية هو أنه لا يقتصر على تضمُّن الكل للجزء، أو الأكبر للأصغر، بل يمكن للجزء أن يتضمن الكل أيضًا، بجزء من الدرجة، في كلتا الحالين.

أما الفروق بين المجموعتين من حيث توابع الانتماء فتتميَّز المجموعة الضبابية، من المجموعة التقليدية، بتعدُّد توابع انتمائها واختلاف أشكالها وتعيينها المُتقَن للمجموعات الفرعية الضبابية وإمكان تغييرها إن اقتضت الحاجة ذلك.

وهذا يسمح بتمثيل المفاهيم بشكل متقنٍ والتعبير عن الظواهر المرتبطة بها. وتسمح هذه التوابع لخبير المجال بتحديد أجزاء الدرجة التي ينتمي العضو، وفقًا لها، إلى المجموعة الضبابية، أو إلى مجموعاتها الفرعية. ويتطلّب ذلك خبرة نظرية وعملية في الميدان المدروس. كما أنها تمنح المجموعة الضبابية خمس مزايا: أولاها، لكل مجموعة فرعية ضبابية تابع انتماء خاص بها. بينما تشترك المجموعة التقليدية مع مجموعتها الفرعية في تابع الانتماء ذاته. وهذا يمكِّن من تعديل كل مجموعة فرعية ضبابية على حدة واختيار مجال تغيُّرها بشكل مستقل عن مجالات تغير المجموعات الأخرى. وثانيتها التداخل بين تلك المجالات والتداخل بين المجموعة ومتممتها. الأمر الذي يسمح بتمثيل الغموض في العالم الواقعي. وثالثتها الانتقال الانسيابي والتدريجي بين الانتماء الكامل واللاانتماء الكامل، وعلى العكس. ورابعتها اختلاف مستوى الضبابية لكل مجموعة فرعية. ولهذا الاختلاف علاقة بتعينات الضبابية. فكلما ازداد الغموض أو اللايقين أو الالتباس، ازداد هذا المستوى، وكان لأكثر الأعضاء في المجموعة الضبابية قيم انتماء جزئية قريبة من القيمة [0,3] وهي الحال الأشد ضبابية، وكلما انخفض المستوى أصبحت المجموعة الضبابية أقرب إلى مجموعة تقليدية[6]. خامستها المقدرة على تمثيل الحالات الكيفية في الظاهرة، إضافة إلى التغيرات الكمية الطفيفة فيها. «وكل المجموعات الضبابية تتألف من حالتين كيفيتين، هما الانتماء الكامل واللاانتماء الكامل، ومن التغيرات الكمية كلها الواقعة بينهما». إذ يقابل التغير بين حالين كيفيتين للظاهرة، تغيرًا انسيابيًا لقيم الانتماء إلى المجموعة الضبابية، من الانتماء الكامل إلى اللاانتماء الكامل، وعلى العكس، خلافًا للمجموعة التقليدية التي ينتقل فيها العضو من الانتماء المطلق إلى اللاانتماء المطلق، انتقالًا مفاجئًا أو متقطّعًا.

مع هذا، ثمة ميزة أخرى اتَّسم بها منطق الضبابية، هي أنه يستخدم المتغيرات اللغوية باللغة الطبيعية المستخدمة في الحياة اليومية، إضافة إلى استخدامه درجات الإمكان اللغوية التي تميِّز بين الأكثر والأقل. وهذه المتغيرات هي مجموعات

(6) Michael Smithson and Jay Verkuilen, *Fuzzy Set Theory: Applications in the Social Sciences*, Quantitative Applications in the Social Sciences; no. 07/147 (Thousand Oaks: Sage Publications, 2006), pp. 16 and 43-44.

ضبابية ممثلة لظواهر غامضة ومعقدة ومعرفة لايقينية ولغة ملتبسة. وبهذا، تزوِّد «بأسس التفكير التقريبي الذي لا تكون قضاياه صارمة. فتعكس تمامًا صفة التقريبية في اللغة الطبيعية المستخدمة في التفكير اليومي». وأكثر المفاهيم المستخدمة في الحياة اليومية مفاهيم ضبابية. فلمتغير «العمر» المجموعات الفرعية الضبابية، «يافع»، «شاب»، «في أواسط العمر»، «عجوز»، «هرِم»، كلها حدود ضبابية تشير إلى تدرُّج خصائص المتغير الأصلي على مقياس العمر، ولمتغير «الفقر» المجموعات الفرعية الضبابية «متوسط الدخل»، «أقل فقرًا إلى حدٍّ ما»، «فقير»، «فقير جدًا» أضيفت إلى المتغير الأصلي درجتا الإمكان اللغوية «جدًا» و«أقل إلى حدٍّ ما»، فعدّلتا من قيم انتماء الأعضاء إلى الحدود الضبابية، بالنقصان والزيادة، على التوالي. وتُسمَّى إضافة اللفظ «جدًا» بعملية «التكثيف» (Concentration) التي تُعطي مجموعة ضبابية معدَّلة، ركّزت أو كثّفت قيم انتماء أعضائها برفع قيم انتمائهم إلى المجموعة الأصلية إلى الأس (2)، وإضافة اللفظ «أقل إلى حدٍّ ما» بعملية «التوسيع» (Dilation) التي تُعطي مجموعة ضبابية معدَّلة، وسّعت قيم انتماء أعضائها برفع قيم انتمائهم إلى المجموعة الأصلية إلى الأس (0,5). وتعدّل هاتان العمليتان قيم الانتماء الجزئية كلها، بالنقصان أو الزيادة، لكن تأثيرهما يكون في حدِّه الأدنى بالنسبة إلى قيم الانتماء القريبة من درجتي الانتماء الكامل واللاانتماء الكامل. ويبيِّن (الشكل 3-17) من الفصل الثالث المجموعة الضبابية «الفقراء» التي تعكس الدخل السنوي، والمجموعتين الضبابيتين المعدَّلتين «فقير جدًا» و«أقل فقرًا إلى حدٍّ ما».

أما البحث في العلاقات الضبابية فيتطلّب الكشف عن الفروق بين قيم الصدق في منطق الضبابية والمنطق الثنائي القيم. ووفقًا للمنطق الثنائي القيم، تستند العلاقة إلى قيمتي الصدق [0] و[1]، وتنتج منها مجموعة إما يحقق أعضاؤها تلك العلاقة، وإما لا وجود لها. ووفقًا لمنطق الضبابية تتخذ العلاقة درجة ما تحدِّدها أجزاء من درجة الانتماء اللانهائية إلى المجموعة الضبابية، وتنتج منها مجموعة تعيِّن مدى ارتباط عضوين أو أكثر من مجموعتين ضبابيتين أو أكثر، وفقًا لتوابع الانتماء الخاصة بكل مجموعة فرعية على حدة. فالعلاقة في المنطق الثنائي القيم هي حضور أو غياب، وجود أو عدم وجود ولا ثالث لهما، أما في منطق الضبابية

فهي درجة ما من الحضور. وتتحدد قيمة صدق العلاقة الضبابية من قيمة صدق القضية المركبة؛ أي من قيم صدق الروابط المنطقية - النفي والعطف والانفصال واللزوم - بين القضايا الضبابية المركبة التي تتعيَّن من قيم الانتماء إلى المجموعات الضبابية المكوِّنة لتلك القضايا. وينطبق على قيم صدق هذه الروابط ما ينطبق على المجموعات الضبابية، باستثناء أن أعضاء المجموعة الضبابية الناتجة من تلك الروابط هي ثنائيات أو أزواج مرتبة، حدُّها الأول ينتمي إلى المجموعة الأولى الممثلة للقضية الأولى، وينتمي حدُّها الثاني إلى المجموعة الثانية الممثلة للقضية الثانية. ففي النفي المنطقي الضبابي للقضية، تتحدَّد قيم صدق القضية الضبابية المنفية من تابع انتماء المجموعة الضبابية المتمِّمة للمجموعة الأصلية، وتنتج من طرح قيمة صدق القضية الأصلية من العدد واحد. الأمر الذي يكشف عن وجود تداخل بين قيمتي الصدق للقضية ونقيضها. فتكون كلتا القضيتين -الأصلية والمنفية - صادقة، لكن قيمة صدق إحداهما أقل من قيمة صدق الأخرى، أو مساوية لها؛ أو أن إحداهما أقرب إلى الصدق من الأخرى. وفي العطف المنطقي الضبابي بين قضيتين، يُستدَلُّ على قيم الصدق من الحدِّ الأدنى لقيمتي انتماء كل زوج مرتب إلى المجموعة الفرعية الضبابية من الجداء الديكارتي للمجموعتين الضبابيتين. والناتج هو مجموعة ضبابية قيم انتمائها هي قيم الصدق الأدنى بين القضيتين المعطوفتين. أما في الانفصال المنطقي الضبابي بين قضيتين فقيم الصدق هي الحدُّ الأعلى لقيمتي انتماء كل زوج مرتب إلى المجموعة الفرعية الضبابية من الجداء الديكارتي للمجموعتين الضبابيتين[7]. وأما اللزوم المنطقي الضبابي بين قضيتين، فتتعيَّن قيم صدقه بطرائق عدة، منها اختيار قيمة الحدّ الأدنى للانتماء، بين القيمة (1) وناتج جمع قيمتي انتماء العنصر الأول إلى المجموعة الأولى والعنصر الثاني إلى المجموعة الثانية، مطروحين من الواحد[8]. والقيم كلها هي أجزاء من الدرجة ضمن المجال [0،1].

---

(7) George Bojadziev and Maria Bojadziev, *Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management*, Advances in Fuzzy Systems; 12, 2nd ed. (Hackensack, NJ; World Scientific, 2007), pp. 51-53 and Guanrong Chen and Trung Tat Pham, *Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems* (Boca Raton, FL: CRC Press, 2001), p. 71.

(8) Bojadziev and Bojadziev, pp. 52-54; Chen and Pham, pp. 74-75, and William Siler and James J. Buckley, *Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning* (Hoboken, NJ: Wiley, 2005), p. 34.

بهذا، تؤدي العلاقات الضبابية دورًا مهمًا في تمثيل العلاقات المختلفة؛ لكونها تعطي جزءًا من الدرجة، كبيرًا أو صغيرًا، لكل زوج مرتب من عناصرها، بحسب مدى تحقيقه العلاقة، وتسمح بالتعبير عن العلاقات القائمة بين عناصر المجموعات، خصوصًا العلاقات الشائعة الاستخدام في اللغة الطبيعية، بشكل أكثر إتقانًا من العلاقة في المنطق الثنائي القيم. ومن هذه العلاقات، الأقرب بدرجة ما، والأبعد بدرجة ما، والأقل بكثير ... إلخ. كما تمثّل العلاقات الضبابية حلقة الوصل بين المجموعات الضبابية والاستدلالات الضبابية. ذلك أن قيم الصدق لتلك العلاقات تحدِّد، في النهاية، قيم صدق الاستدلال الضبابي، وتمثّل خطوة أولى في بناء أنظمة التحكم أو أنظمة اتخاذ القرار بوصفها الغاية التي وظّف منطق الضبابية أداة لتحقيقها. فبماذا يختلف الاستدلال الضبابي عن الاستدلال في المنطق الثنائي القيم؟

يكمن الاختلاف بين قواعد الاستدلال في منطق الضبابية عنه في المنطق الثّنائي القيم في أربع نقاط أساسية: **أولاها**، يحيل الاستدلال في المنطق الثنائي القيم على قيمتين لصدق القضايا، المقدمات أم النتائج، بينما يحيل الاستدلال الضبابي على قيم لانهائية للصدق. **ثانيتها**، للاستدلال في المنطق الثّنائي القيم، دلالة واحدة، هي أن تحقق المقدَّم يفضي إلى تحقق التالي، لكن له دلالات عدة في منطق الضبابية، تحيل كل منها على مجموعات فرعية ضبابية لكل متغير لغوي في المقدَّم والتالي. **ثالثتها**، يهتم المنطق التقليدي بصحة الاستدلال بوصفه اتساقًا بين المقدمات والنتائج، بصرف النظر عن الواقع، فهو منطق صوري بحت. أما الاستدلالات الضبابية فقواعد عمل قابلة للتطبيق، أو خطوات يسلكها البرنامج الخبير. ولا يُقصد بالقواعد هنا الشروط التي يجب تحقُّقها ليكون الاستدلال صحيحًا، كما هو الحال في قواعد الاستدلال القائمة على الدالة اللزومية، في المنطق الثّنائي القيم، وإنما بناء نماذج للنسق الاستدلالي، تعكس طريقة الحس المشترك في التفكير، وتتخذ صورة القضايا الشرطية المتصلة، فتربط بين حدث وآخر، أو بين أسباب ونتائج، أو بين أسئلة وأجوبة. **رابعتها**، تستند قواعد الاستدلال الضبابي، بصورة خاصة، إلى المجموعات الفرعية الضبابية أو المتغيرات اللغوية ودرجات إمكانها؛ وهذا يجعل من إمكان تغيير أي قاعدة أمرًا ممكنًا. كما يجعل

المكونات النظرية لهذا المنطق وثيقة الصلة بمكوناته التطبيقية. وهذه الفروق، تُكسِب منطق الضبابية عددًا من المزايا أو نقاط القوة التي تجعله متفردًا عن المنطق الثُّنائي القيم.

لما كان أحد أهداف منطق الضبابية هو تمكين الآلة من طريقة التفكير البشري؛ أي رفع كفاءتها لتتمكَّن من تقويم الموقف واتخاذ القرار الأكثر ملاءمة، وفقًا لما يقتضيه الموقف الراهن؛ تسمح قواعد الاستدلال الضبابي بمعالجة المشكلة وتقديم الحلول الأنسب، مع إمكان الاستفادة من تعلُّم البرنامج من أخطائه. وكأنَّنا، في هذه الحال نزوّد الكمبيوتر بالمعرفة اللازمة لإجراء محاكمة عقلانية، تشبه المحاكمة العقلية التي يقوم بها الفكر البشري لاتخاذ القرار الأنسب، في الوقت المحدَّد. وشكَّلت هذه البرمجيات نوعًا من محاكاة السلوك البشري الذكي، فسُمّيت بالذكاء الصُّنعي. ولهذه القواعد الصيغة العامة: إذا ... فإن؛ بمعنى أن درجة تحقق الشرط أو السبب أو المقدَّم في الاستدلال، تحدد درجة تحقق النتيجة أو التالي فيه. ويعتمد عدد هذه القواعد على عدد المتغيرات اللغوية والحدود الضبابية للمتغير الواحد.

لبناء نظام التحكم الضبابي تُتّبع أربع خطوات أساسية: **أولاها** تعيين المتغيرات اللغوية والحدود الضبابية ودرجات الإمكان اللغوية لمتغيرات الدخل والخرج، **وثانيتها** الربط بين هذه المتغيرات بصوغ قواعد الاستدلال الضبابي التي يضعها الخبير مستعينًا أحيانًا بالعاملين على خطوط الإنتاج. **وثالثتها** التضبيب (Fuzzification)، ويعني تحويل «قيم متغيرات الدخل في المتحكم الضبابي إلى قيم انتماء إلى المجموعات الفرعية الضبابية وفق توابع انتمائها». **ورابعتها** فك التضبيب (Defuzzification) وهي معاكسة لعملية التضبيب، وتعني «الربط بين قاعدة المتحكِّم وقيم المتغيرات الثابتة التي سيتم التحكم بها، والتي تؤدي دورًا في تحويل الخرج الضبابي إلى قيم محدَّدة توافق القيم الثابتة للمتغيرات». وتُوظَّف عمليات عدة يجري فيها التحكم بكل لحظة باختيار قيمة واحدة، اعتمادًا على المعادلات التي غُذِّيت بها الآلة.

يقتضي اختلاف الغاية بين أنظمة التحكم، تصميم مجالات مختلفة

للمجموعات الفرعية الضبابية وفقًا للقيمة المراد التحكم بها؛ أي إن عدم التساوي بين تلك المجالات ليس أمرًا عرضيًا؛ بل هو أمر ضروري تقتضيه الحاجة إلى الهدف المراد تحقيقه، ذلك «أن المجموعات الفرعية ذات المجال العريض أقل أهمية في التحكم؛ لكونها تسمح بالتحكم، بشكل تقريبي فحسب، أما المجموعات ذات المجال الضيق، فتسمح بالتحكم بشكل متقن». لذا، غالبًا ما تصمم المجموعات الفرعية الضبابية - التي من المفترض أن تغطي المجال المستهدف في نظام التحكم - باختيار مجال ضيق لها. في حين أن المجموعات ذات المجال الكبير تغطي حيزًا أكبر في التحكم وتدل على ضبابية أشدّ في المتغير الذي تمثله؛ أي تمثل غموضًا وتعقيدًا أشد في الظاهرة المدروسة عند هذا المجال، أو يقينًا أقل في معرفتها. وهذا يعني أنه كلما اتسع مجال المجموعة، ازداد عدد قواعد الاستدلال الضبابي، وكلما تداخلت مجالات المجموعات الفرعية، تكثفت قواعد الاستدلال وأصبح التحكم أكثر انسيابية. والعكس بالعكس. ولهذا الاختلاف في المجال دورٌ أيضًا في سرعة المتحكِّم، بالزيادة أو النقصان، وفقًا لاختلاف الميل في المنحنى البياني واتجاهه. فإذا كان ميل المنحنى موجبًا وصغيرًا، تسارع المتحكِّم بشكل كبير، وإذا كان موجبًا وكبيرًا، زادت سرعة المتحكم ببطء. وإذا كان سالبًا وصغيرًا، تناقصت سرعة المتحكم بشدة، وإذا كان سالبًا وكبيرًا، تباطأت سرعة المتحكم. وفي الحالات كلها، التسارع أم التباطؤ، يعمل المتحكم بغرض الوصول إلى النقطة الهدف.

ما يميِّز قواعد الاستدلالات الضبابية أيضًا هو التداخل في ما بينها الناجم عن التداخل بين المجموعات الفرعية الضبابية. ولهذا التداخل ثلاث وظائف أساسية في أنظمة التحكم الأوتوماتيكي: **الأولى** «يساعد النظام في تجنُّب الاهتزاز الموجود في أنظمة التحكم التقليدية [...] الناجم عن تخطي العتبتين الدنيا والعليا المسموح بهما». بمعنى أنه يجعل الانتقال بين قواعد الاستدلال الضبابية انسيابيًا ومرنًا، كما يسمح للنظام بتغطية كامل المساحة التي يتحكَّم بها، من دون أن يترك ثغرة تسبب اهتزازًا أو ارتجاجًا فيه. **والثانية**، يسمح بتمثيل التغيرات اللاخطية في المنظومات المعقدة. وهي تغيرات متذبذبة، على شكل أمواج، صعودًا وهبوطًا خلافًا للأنظمة الخطية التي تكون منحنياتها خطوطًا مستقيمة. وبالتالي، تحتاج

المنظومات اللاخطية والأشد تعقيدًا إلى مزيد من قواعد الاستدلال الضبابي، وهذه بدورها تحتاج إلى المزيد من التداخل بين المجموعات الفرعية الضبابية كي تجعل التحكم الأوتوماتيكي أكثرَ انسيابية وأشد إتقانًا. والثالثة، يساعد في تجنّب الخلل في نظام التحكم عند توقُّف إحدى هذه القواعد لأيِّ سبب كان، أو وجود خطأ ما فيها، أو «تغيير أيٍّ من المجموعات الضبابية للدخل الذي يفضي إلى تغيُّر في تلك القواعد... أو إضافة بعض القواعد أو حذف بعضها الآخر ...». ويستمر النظام، بشكل أوتوماتيكي وسلس في العمل وفق القواعد الأخرى؛ لكونه لا يقوم بتفعيل تلك القواعد على التسلسل؛ وإنما تعمل على التوازي. فتعمل كلها، في الوقت نفسه، بجزء من الدرجة موافق لقيم الانتماء إلى المجموعات الضبابية في كل قاعدة. ولهذا، يكون الانتقال انسيابيًا، حيث يعطي التحكم الضبابي قوة لا يمتلكها التحكم التقليدي. فضلًا عن أن هذا التداخل لا يمنع من تغيير إحدى القواعد إن اقتضت الحاجة ذلك؛ لكونها مستقلة بعضها عن بعض على الرغم من تداخلها. وهذه إحدى الخصائص المرنة التي تتميز بها تلك القواعد.

غير أن نقاط القوة تلك، ربما تتحول إلى نقاط ضعف، فيما لو لم يمتلك من يضع هذه القواعد خبرة نظرية وعملية، في الميدان المدروس. وهذا يؤكد أن تلك القواعد ليست مجرد استدلالات منطقية صورية، وإنما هي قواعد عمل، يحاول الخبير عبرها نقل حصيلة خبراته إلى الآلة ليمكِّنها من القيام بمهمات ربما تتطلب أشخاصًا كثيرين ووقتًا أطول، وربما يتعذَّر على البشر القيام بها. وعلى هذا النحو، تُحفظ الخبرات البشرية من الضياع في ما يسمى بالأنظمة الخبيرة، ويصبح من الممكن الاستغناء عن وجود الكائن البشري في الكثير من المواقع التي ربما تشكل خطرًا عليه، مثل الأماكن التي تُصدر إشعاعات ضارة، أو التي تكون فيها درجات الحرارة مرتفعة جدًا لا يتحملها الكائن البشري.

في ضوء ما سبق، تتضح أهمية منطق الضبابية في ميدان التحكم وقدرته على إعطاء نتائج أكثر إتقانًا قياسًا على التحكم التقليدي. وحقق لهذا الميدان في العقدين الأخيرين نجاحًا كبيرًا انعكس في توفير استهلاك الطاقة ورفع مستوى ذكاء الآلة لتتمكن من اتخاذ القرارات وفقًا للموقف الراهن. إضافة إلى المزايا العديدة التي

توفرها أدواته في معالجة البيانات المتعلِّقة بالظواهر المعقدة والغامضة، ومنها الإنسانية والاجتماعية.

رابعًا: منطق الضبابية أداة منهجية في العلوم الإنسانية والاجتماعية

نحاول هنا الإجابة عن سؤال: كيف يمكن أن نجعل منطق الضبابية أداة منهجية في العلوم الإنسانية والاجتماعية التي لا تستهدف التحكم بالظواهر فيها؟ أي كيف يمكن أن نثبت أنه ملائم لمعالجة البيانات المتعلقة بتلك الظواهر أكثر من المنهج الكمي الإحصائي؟ وتقتضي الإجابة عن هذا السؤال العثور على المفهوم الذي يحمل روح التحكم الضبابي في العلوم الإنسانية والاجتماعية والكشف عن جوانب قصور المنهج الكمي الإحصائي في معالجة البيانات المرتبطة بالظواهر فيها، بشكل متقن؛ والبحث في مقدرة المجموعات الضبابية على مراعاة خصائص تلك الظواهر ومعرفة الفروق في تحليل الضرورة والكفاية بين المنهج الكمي الإحصائي ومنطق الضبابية؛ وأخيرًا استخدام أدوات هذا المنطق لاتخاذ القرار في بيئة ضبابية.

تنصبُّ الغاية الأساس من التحكم الضبابي على تمكين الآلة من طريقة التفكير وفقًا للموقف الراهن، كما يفعل الخبير البشري في ميدانه. فالمصمِّم يستهدف تمكين الآلة التعلُّم من أخطائها وتصحيحها بطرائق عدة، منها تعميم الخبرات المكتسبة وتقويمها، أو توليد فرضيات جديدة بالتركيب بين فرضيات سابقة والعمل على صقلها. وفي المقابل، ينصب اهتمام المشتغلين بالعلوم الإنسانية والاجتماعية على الإنسان بوصفه غاية ووسيلة في الوقت ذاته. لذا، يُعدُّ تطبيق هذا المنطق في تلك العلوم أكثر أهمية قياسًا على ميادين التحكم لأنه يمتاز بمرونة تساير إلى قدر كبير غموض الظواهر الإنسانية والاجتماعية وتعقيدها ويتلون بألوانها. وإذا لم يكن بدٌّ من العثور على مقابل لمفهوم التحكم الضبابي، في العلوم الإنسانية والاجتماعية، يتَّسم بروحه ودلالته، فيمكن أن يكون صنع القرار أو تقديم الاستشارة والاقتراح أو اتخاذ التدابير، وفقًا للموقف الراهن.

يجعل امتلاك هذه الظواهر الكثيرَ من الخصائص الضبابية، المنهجَ الكمي الإحصائي قاصرًا عن مراعاتها، على الرغم مما حققه من تقدم في بعض جوانبها. ومن هذه الخصائص: الطبيعة الكيفية والطبيعة الغامضة والطبيعة المعقدة. وتتعلق الطبيعة الكيفية ببعدين أساسيين: **الأول** صعوبة تكميمها أو التعبير عنها بقيم محدَّدة وصارمة نظرًا إلى وجود حالات متناخمة في الظاهرة؛ ففي هذا التكميم تجاهلٌ للكثير من تلك الحالات واختزالها بمؤشرات كمية لا تعكس حالاتها الواقعية، مثل خط الفقر. **والثاني** تعذُّر تقييدها بنهايات عظمى أو صغرى. إذ ليس من حدٍّ أعلى يمكن أن تصل إليه حالات الظاهرة، وليس من حدٍّ أدنى يمكن أن تبدأ به. فهناك دومًا من هو «أشدُّ فقرًا» من شخص لا يمتلك إلا ليرة واحدة، ومن هو «أكثر غنى» من شخص يمتلك مليار ليرة، وهناك «الأكثر أو الأقل نموًا» و«الأكثر أو الأقل إنفاقًا» و«الأكثر أو الأقل محافظة، من الناحية الدينية» ... إلخ.

أما الطبيعة الغامضة فتعني التداخل بين الحالات المختلفة للظاهرة، مثل التداخل بين «الفقر» و«الفقر إلى حدٍّ ما»، و«الفقر جدًا»، وتعني الانتقال التدريجي الانسيابي من حال إلى أخرى؛ لأنه من غير المعقول لمن كان تحت خط الفقر أن يصبح غير فقير ما أن يزيد دخله دولارًا واحدًا. كما تعني انتماء الظاهرة نفسها إلى أكثر من ميدان واحد في الوقت عينه، وهذا ما يوجد الميادين البينية. وأما الطبيعة المعقدة فمتأصِّلة في معظم الظواهر الإنسانية والاجتماعية التي تنتسب إلى منظومات دينامية منوّعة. وهذه المنظومات، الميكروية أو الماكروية، التي يحكمها الكثير من العوامل المتشابكة، الاجتماعية والفردية والسياسية والدينية والاقتصادية ... إلخ، والكثير من التغيرات اللاخطية. كما أنها مرتبطة بتاريخها؛ بمعنى أنها تتعيَّن بالتفاعل بين عناصر محدَّدة من ماضي المنظومة وعوامل مصادفة ربما تنبثق من حاضرها. وهذا التفاعل يعود إلى حساسيتها للشروط الأولية التي ربما تحرف المنظومة عن مسارها وتجعلها غير قابلة للتنبؤ.

ينبثق من الغموض والتعقيد في تلك الظواهر، أحد أشكال اللايقين الذي لا يتعلق بقصور الأدوات اللازمة لمعرفتها ولا يمكن الحدُّ منه بازدياد دقة هذه الأدوات. وخلافًا للرؤية التقليدية التي يؤيِّد أصحابها النظر إلى اللايقين على أنه

نقص في المعرفة، وهناك من يستثمره لتسويغ أفعال لا أخلاقية، مثل التراخي في العمل أو التهرُّب من المسؤولية أو إيجاد الفوضى لكسب الفرص، يصبح اللايقين عند أنصار منطق الضبابية، شيئًا إيجابيًا ومفيدًا، بل يصبح مكافئًا للحرية لكونه يحفِّز على الاكتشاف العلمي أو الإبداع الفني ويستثير الحس بالجديد[9]. وأما الالتباس فيكشف عن درجة الاتفاق أو عدم الاتفاق بين الخبراء في الظاهرة الواحدة. وتسمح الرؤية الضبابية إلى عدم الاتفاق على أنه عامل محرِّك في المنظومات الاجتماعية لكونه يعزز الحوار ويحفز على تبادل الخبرات المختلفة. بصرف النظر عن أثر العوامل الثقافية والأيديولوجية التي تغلب على آراء المشتغلين بالعلوم الإنسانية والاجتماعية.

لو دققنا النظر في تلك الخصائص الضبابية لوجدنا أن المنهج الكمي الإحصائي يقصِّر عن مراعاتها كلها. فالمؤشرات التجريبية التي يعينها الباحثون في هذا المنهج لإظهار الاختلاف بين الحالات المدروسة تبقى صارمة، وإن تعددت؛ أي تأخذ كل منها قيمة محدَّدة. ومع أنها تسمح بترتيب الحالات بقياس بعضها على بعض، ترتيبًا تصاعديًا أو تنازليًا، أو بتقويم انحراف كل حالة عن معدل انحراف الحالات ككل، إلا أن هذا الانحراف لا يكشف عن المجموعة التي تنتمي إليها الحالة، كما لا يراعي الترتيب، الطبيعة الغامضة في تلك الظواهر. فالمستويات المختلفة للمعيشة؛ أي منخفضة ومتوسطة ومرتفعة، لا تراعي التداخل في ما بينها؛ لأن المتغيرات الفئوية أو الترتيبية متخارجة، ولكل مجال منها قيمتان فقط؛ أي إنها تمثل حضورًا أو غيابًا للمتغير أو النتيجة. ويبيّن الشكل (4-1)، في الفصل الرابع عدم التداخل بين المتغيرات الفئوية الممثلة لمستوى الدخل الشهري وفق الشرائح الخمس من الأفقر إلى الأغنى. ولجميع الأسر ضمن الشريحة الواحدة درجة الانتماء نفسها. وبهذا المعنى تحيل هذه المقاييس إلى قيم ثنائية للصدق.

في المقابل، يراعي تمثيلُ الشرائح نفسها بمجموعات ضبابية (الشكل (4-2)) التدرُّجَ في الانتماء والتداخل بين المجالات. فثمة انسيابية في انتقال الأسرة

(9) Michael Smithson, Gabriele Bammer and the Goolabri Group, «Uncertainty Metaphors, Motives and Morals,» in: Gabriele Bammer and Michael Smithson, eds., *Uncertainty and Risk: Multidisciplinary Perspectives* (London; Sterling, VA: Earthscan, 2008), pp. 308-316.

بين حالات الانتماء إلى المجموعة الفرعية الضبابية نفسها، واختلاف أجزاء درجة انتمائها إلى مجموعة فرعية ضبابية عنها إلى مجموعة أخرى. والأهم من ذلك، هو أن حالتي الانتماء الكامل واللاانتماء الكامل، تشكلان نقاطًا مرجعية مهمة في تعيين تلك المجموعات. ولا يتَّخذ الانتماء المطلق أو اللاانتماء المطلق مثل تلك الأهمية في المنهج الإحصائي. وعلى الرغم من أهمية التحليل الارتباطي في الكشف عن أثر المتغير المستقل في المتغير التابع، فإنه يفرض نوعًا من التماثل على الحالات المدروسة، ويختزل التنوع ويبسِّط التعقيد. إذ يتطلب «تثبيت مجموعة الحالات المتضمَّنة في الدراسة، قبل البدء بحساب معاملات الارتباط بين المتغيرات. وما أن تثبّت، حتى يصبح من النادر تعديلها أو تغييرها». وتصبح المهمة الأساس هي حساب معاملات الارتباط بين المتغيرات والتركيز على «المتغيِّر السببي، أو المتغيرات السببية التي تفسِّر الاختلاف في المتغير التابع». فالباحث يحاول معرفة الفروق بين الحالات المدروسة، من خلال عزل كل متغير مستقل وتبيُّن الأثر الذي يُحدِثُه في المتغير التابع. وبهذا المعنى، تدخل المتغيرات المستقلة في حال من التنافس والتجاذب في تفسير الاختلاف في المتغير التابع. وفي هذا العزل اختزال وتبسيط للتعقيد الكامن في الظواهر الإنسانية والاجتماعية وتفكيك لعناصرها. الأمر الذي يجعل هذا التحليل اختزالًا للخصائص التي ينطوي عليها الجزء ضمن الكل.

بناء على ذلك، تتطلب تلك الخصائص منهجًا آخر أكثر إتقانًا للتعامل معها ومراعاتها. وهو ما توفره أدوات منطق الضبابية، بقدر كبير، وتسمح بتقويم الظواهر الإنسانية والاجتماعية تقويمًا يجمع بين الجوانب الكيفية والكمية فيها في الوقت نفسه. فالمجموعات الضبابية ودرجات الإمكان اللغوية وتوابع الانتماء الضبابي، تمكِّن من تمثيل الخصائص الكيفية والغامضة في تلك الظواهر، وقواعد الاستدلال الضبابي التي تستخدم العمليات الأساسية على المجموعات الفرعية الضبابية، هي الحل الملائم للتعقيد.

يعتمد تصميم المجموعة الضبابية، أولًا، على ما يسمى بالبرغلة الضبابية (Fuzzy-Granulation) التي تعيِّن الحدود الضبابية أو المجموعات الفرعية لكل

مجموعة ضبابية، وفقًا للسياق المستخدَم، وللغرض من المجموعة المصمَّمة وللبيئة المرتبطة بالحالة المدروسة. ويعتمد ثانيًا، على المرتكزات الكيفية الثلاثة وهي الحدُّ الأعلى للانتماء الكامل والحدُّ الأدنى للانتماء الكامل ونقطة الانعطاف بين هذين الحدين اللذين يستبعدان الحالات غير وثيقة الصلة بالظاهرة المدروسة، ويسمحان بتمثيل التغيرات الكيفية لحالاتها، والتغيرات الكمية الطفيفة التدريجية الواقعة بينهما، ويكشفان عن أن ليس لأعضاء المجموعات الضبابية انتماء مطلق، أو لاانتماء مطلق، وإنما تقترب منهما بدرجة تسمح باعتبارهما انتماء أو لاانتماء تامًا. كما تميِّز نقطة الانعطاف الحالات الأقرب إلى، والأبعد عن، الانتماء الكامل منها إلى اللاانتماء الكامل. ويعتمد تصميم المجموعة الضبابية، ثالثًا، على مفهوم المعايرة الذي يعني «ضرورة تعيين درجات الانتماء بما يتَّفق مع معايير مرجعية خارجية»، أي تحديد دلالات الانتماء إلى كل مجموعة فرعية ضبابية، استنادًا إلى تلك المرتكزات. وتعكس هذه المعايير الخبرات النظرية والعملية في الظواهر المدروسة، أو الخبرات المتراكمة المستمدة من دراسة حالات بعينها. وعندها ربما تُنسَب إلى هذه المعايير درجات مختلفة من الوثوقية، تزداد وتقل بازدياد الخبرة وقلتها. الأمر الذي يسمح بقراءات مختلفة للظاهرة الواحدة، وبوضع هذه المعايير ذاتها موضع النقد، وبضرورة أخذ الخبرات المتباينة بالحسبان، وإعطاء أهمية وأولوية، عند اتخاذ القرارات، لمن يمتلك خبرات أكثر من غيره، في حال تعدد الآراء أو تباينها.

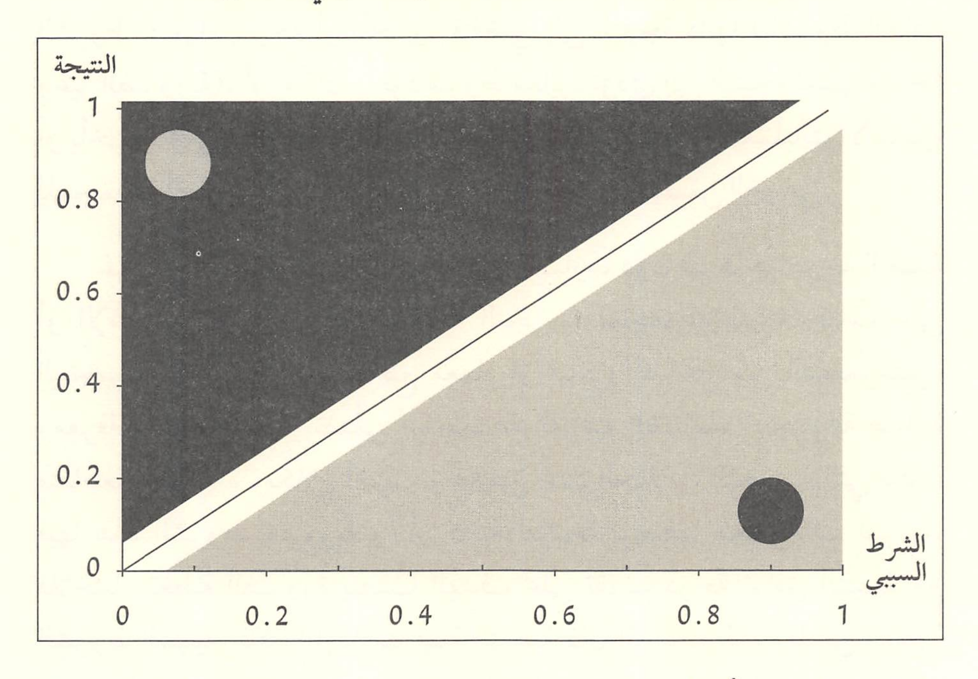
يلي تصميم المجموعات الضبابية الممثلة للظاهرة المدروسة فحص الشروط السببية لتلك الظواهر ونماذجها المنوعة. وتُستخدَم، لهذا الغرض، المبادئ النظرية للمجموعة الضبابية أو العمليات الأساسية عليها؛ أي «التضمُن الضبابي - الذي يعدُّ مركزيًا في تحليل الكفاية والضرورة - والتقاطع الضبابي - الذي يعدُّ مركزيًا في فحص الحالات بوصفها تعينات من النمط المثالي - والاجتماع الضبابي - بوصفه أساسًا لفحص الطرائق البديلة التي تفضي إلى النتيجة ذاتها - وقوائم الصدق التي تكشف عن السببية المعقدة». والغاية هنا تنصبُّ على توظيف تلك العمليات لدراسة الشروط الضرورية و/ أو الكافية التي تؤثر في الظواهر المدروسة. ويُنظَر إلى الشرط السببي على أنه

ضروريٌّ، عندما «تُشكِّل مجموعة «النتيجة» مجموعة فرعية ضبابية من مجموعة «الشرط السببي» [...] وعلى أنه كافٍ عندما تشكِّل مجموعة «الشرط السببي» مجموعة فرعية ضبابية من مجموعة «النتيجة»». واستنادًا إلى علاقة التضمُّن تكون المجموعة الضبابية فرعية من مجموعة أخرى، إذا كانت قيم الانتماء إلى المجموعة الأولى أصغر من قيم الانتماء إلى المجموعة الثانية أو مساوية لها. فإن كان الشرط ضروريًا للنتيجة، تكون قيم انتماء الحالات إليه أكبر من قيم انتمائها إلى النتيجة أو مساوية لها؛ وإن كان الشرط كافيًا، تكون قيم انتماء الحالات إليه أصغر من قيم انتمائها إلى النتيجة، أو مساوية لها. وتتلاءم درجة الضرورة والكفاية، طردًا مع قيمة التوافق بين انتماء الحالات التجريبية إلى الشرط والنتيجة معًا. إذ يتحقق التوافق التام، بالنسبة إلى الشرط الضروري، عندما تكون جميع قيم انتماء الحالات التجريبية إليه أكبر من قيم انتمائها إلى النتيجة، أو مساوية لها. وتتوزع الحالات على الخط القطري أو تحته (اللون الرمادي في الشكل المرفق)؛ وبالنسبة إلى الشرط الكافي، عندما تكون جميع قيم انتماء الحالات التجريبية إليه أصغر من قيم انتمائها إلى النتيجة، أو مساوية لها. وتتوزع الحالات على الخط القطري أو فوقه (اللون الأسود في الشكل المرفق). وخلافًا لذلك تخفّض قيمة هذا التوافق، بالنسبة إلى الشرط الضروري أم الكافي، وصولًا إلى اللاتوافق[10]. ويقابل هذا اللاتوافق، بالنسبة إلى الشرط الضروري، الحالات الواقعة في الزاوية العلوية اليسرى (البقعة باللون الرمادي في الشكل المرفق)، وبالنسبة إلى الشرط الكافي، الحالات الواقعة في الزاوية السفلية اليمنى (البقعة باللون الأسود في الشكل المرفق). وهذه الحالات لا تقوض مبدأي الضرورة والكفاية، وإنما يُنظر إلى الأولى على أنها طريق أخرى للنتيجة ذاتها، ويكون الشرط بالنسبة إليها كافيًا أو مفسِّرًا، لكنه غير ضروري لتلك النتيجة. ويُنظر إلى الحالات الثانية على أنها تفتقر إلى شروط سببية أخرى لم تحدد ضمن الشروط المذكورة. ويكون الشرط بالنسبة إليها ضروريًا، لكنه غير كافٍ لتلك النتيجة.

---

(10) Charles C. Ragin, *Redesigning Social Inquiry: Fuzzy Sets and Beyond* (Chicago: University of Chicago Press, 2008), pp. 52-53.

توافق الضرورة والكفاية بين الشرط السببي والضرورة



من الواضح أن الضرورة والكفاية، بالمعنى الضبابي، لا تفترضان حضورًا أو غيابًا للشرط، مقترنًا بحضور أو غياب للنتيجة، كما هو الحال عليه بالمعنى التقليدي، وإنما يكون حضور الشرط كل من الضروري و/ أو الكافي والنتيجة، بدرجة ما. وبقدر ازدياد ضرورة الشرط تزداد قيم انتماء الحالات إليه، وبقدر ازدياد كفايته تزداد قيم انتماء الحالات إلى النتيجة، لكنها تبقى، في الحالين، جزءًا من الدرجة، كبيرًا أو صغيرًا.

لكن الظواهر الإنسانية والاجتماعية تحكمها جملة من الشروط المختلفة التي تتضافر بطرائق متعددة لتفضي إلى نتيجة محددة، أو ربما تتفق في نتيجتها وتختلف في الشروط التي أدَّت إليها. وينطبق على تحليل الشروط المتضافرة، الطريقة ذاتها المتبعة لتحليل الشرط الواحد. لكن ذلك لا يعني الكشف عن أثر كل شرط على حدة، كما في التحليل الارتباطي، وإنما النظر إلى هذه الشروط المتحدة معًا، والطريقة التي اتحدت بها، فأدت إلى تلك النتيجة، ومراعاة وجود شروط إضافية ربما تكون كافية لو اتحدت بالشرط الضروري لأدت إلى تلك

النتيجة (الشروط الضرورية وغير الكافية)، أو اختلاف الطريقة التي تتشكل فيها الشروط نفسها، بدرجة أو بأخرى، فتفضي إلى النتيجة ذاتها (الشروط الكافية وغير الضرورية)، أو إمكان وجود شروط مغايرة تؤدي إلى النتيجة نفسها بدرجة أو بأخرى. ومن أجل اختبار هذه الشروط والنتائج تستخدم العمليات الأساسية للمجموعة الضبابية؛ أي النفي والتقاطع والاجتماع والتضمُّن الضبابي.

غير أن ما يحدد الشروط التي يجري اختبارها دون غيرها هو درجة التغطية أو الإشباع. وتعني حساب الأهمية التجريبية لمجموعة فرعية، قياسًا على المجموعة الضبابية التي تتقاطع معها؛ أو قياس التداخل بين المجموعتين، ومعرفة مدى تغطية أو تضمُّن المجموعة الفرعية الضبابية، لمجموعة ضبابية متقاطعة معها[11]. وبكلام آخر، هو فحص عدد الحالات التجريبية التي تكون فيها هذه الشروط ضرورية و/أو كافية للنتيجة بوصفها مجموعات ضبابية. فلاختبار تغطية الضَّرورة ينصبُّ الهدف على تقويم درجة توافق النتيجة مع الشروط السببية. فكلما ازدادت قيمة التغطية كان أثر تلك الشروط في النتيجة أكبر، والعكس بالعكس. أما اختبار تغطية الكفاية فلا يُحسَب لجميع الشروط، وإنما للشروط التي تحقق علاقة التوافق مع النتيجة فحسب. والغرض هنا هو تقويم مجال الشروط قياسًا على النتيجة. إذ ازدياد قيمة التغطية يعني أن الشروط كافية لأكثر الحالات التجريبية، وانخفاضها يعني أنها لا تغطي الكثير من تلك الحالات، لكنها مهمة، من الناحية النظرية، لتقويم الطرائق البديلة التي أدت إلى النتيجة نفسها[12]. فما يحدِّد اختيار الشروط الضرورية والكافية، هو انتماء الحالات التجريبية إلى التكوينات المنطقية النظرية لتلك الشروط، أو عدم انتمائها. فالدليل التجريبي ربما يؤيِّد المناقشة النظرية أو ينفيها. لذا على الباحث أن يركز اهتمامه على حساب قيم انتماء كل حالة من الحالات المدروسة إلى تلك التكوينات.

غير أن هذا التحليل للضرورة والكفاية، وإن كان أكثر إتقانًا من التحليل

(11) Ragin, pp. 57, 61 and 101.

(12) المصدر نفسه، ص 55-61.

الارتباطي، يبقى محكومًا بعدد من القيود، في الحالات شديدة التعقيد. لأنه يصعب، بدرجة أو بأخرى، الكشف عن الأسباب المؤثرة في تلك الظواهر؛ ولو أمكن ذلك، لتعذَّر تمثيلها بمنحنيات بيانية وكتابة معادلات تغيرها. فالقول إن هذه الأسباب أو تلك تؤثر في هذه الظاهرة أو تلك، هو تضييق لحرية الإنسان واختزال وتبسيط للعلاقات البشرية المعقدة. والمشتغلون بمنطق الضبابية لا يدعون أنه ملائم للأوضاع كلها، إنما يؤكدون أنه أكثر ملاءمة للحالات المعقدة من المنهج الإحصائي. كما توفر أدواته خيارات أمام صنّاع القرار في بيئة ضبابية، لأن خبراء المجال يقدمون مقترحاتهم لصنَّاع القرار وفقًا للغرض الذي يحدده هؤلاء لهم، والموضوع الذي يتطلّب اتخاذ القرار في شأنه. ويتطلَّب تحليل الظواهر الأكثر تعقيدًا جهد خبراء من ميادين متعددة، ربما تكون آراؤهم متقاربة أو متعارضة، بدرجة كبيرة أو صغيرة، ويُفترَض من صانع القرار الدمج بينها للوصول إلى القرار النهائي.

يقوم الخبراء بتصميم المجموعات الضبابية وصوغ قواعد الاستدلال الضبابي، ويستخدمون العمليات الأساس في المجموعات الضبابية لتفعيل القواعد وثيقة الصلة بحالة محدَّدة، الأمر الذي يمكِّنهم من تقديم النصح والمشورة أو استشراف الخطط المستقبلية. كما يستخدمون فك التضبيب بوصفه القرار النهائي الذي يُنصح باتخاذه أو يتوجب ذلك. ونركز هنا على فك التضبيب في حال تقارب آراء الخبراء، و/ أو تناقضها، بدرجة أو بأخرى. وثمة طريقتان أساسيتان لتقديم بدائل لصنَّاع القرار، يمكن استخدام إحداهما أو كلتيهما معًا للوصول إلى القرار النهائي: أولاهما، التقاطع الضبابي الذي تَنتُج البدائل فيه من «تقاطع مجموعتي الأهداف والعقبات بوصفهما مجموعات ضبابية». فتكون مجموعة القرار، بموجب التقاطع الضبابي، هي المجموعة الناتجة من الحدّ الأدنى لقيم الانتماء إلى المجموعتين الضبابيتين. وثانيتهما، المعدَّل الضبابي الذي تنتج البدائل فيه من معدَّل مجموعتي الأهداف والعقبات؛ أي معدَّل الأعداد الضبابية لهاتين المجموعتين.

يمكن أن تُستخدم طريقة التقاطع الضبابي في الكثير من المجالات للمفاضلة

بين البدائل المتاحة، ومنها اختيار موظفين جدد في شركة وفق معايير محدَّدة تضعها للمتقدمين، أو تسعير منتوج جديد يراعي الأسعار المنافسة وتكاليف الإنتاج، أو التخطيط للمشروعات الاستثمارية، أو التنبؤ بمخاطر وقوع مشكلات محتملة، مثل انتشار الأوبئة ... إلخ. وجميعها تستخدم قواعد الاستدلال الضبابي، «إذا ... فإن». ففي تسعير المنتوج، يمكن أن تكون إحدى قواعد الاستدلال: إذا كان السعر المنافس «منخفضًا» وتكلفة الإنتاج «مرتفعة إلى حدٍّ ما»، فالسعر النهائي للمنتوج يجب أن يكون «منخفضًا إلى حدٍّ ما». وفي حالة التنبؤ بمشكلة نقول: إذا كانت المشكلة المحتملة «خطرة»، فالاستجابة يجب أن تكون «منع» حدوثها ... إلخ.

من مزايا تلك الطريقة أن أكثر المجموعات الممثِّلة للأهداف والعقبات تساهم في البدائل الممكنة، لكنَّ لبعضها أهمية أكثر من غيرها في القرار النهائي، وفقًا لأهمية الأهداف التي ترغب المؤسسة في تحقيقها، ولخطورة العقبات التي تحاول تجنبها. ومن عيوبها ضرورة تقاطع هذه المجموعات كلها، بدرجة أو بأخرى. أما مزايا طريقة المعدل الضبابي، فتوسّع البدائل المتاحة، لكونها تأخذ معدل الأعداد الضبابية للمجموعات كلها المقابلة للعقبات والأهداف، وتمكِّن من تجميع آراء الخبراء المتوافقة أو المتعارضة، بدرجة أو بأخرى. كما تولي بعض الخصائص المدروسة، أو بعض آراء الخبراء، أهمية أكثر من غيرها، استنادًا إلى الغرض المراد تحقيقه ودرجة الخبرة أو عمقها، فتسمح بتثقيل مجموعة البدائل، في حال كانت درجة أهمية الهدف أكبر من درجة أهمية العقبة، أو بالعكس. وينطبق هذا على الأهمية التي تعطى لخبير على آخر، ولدرجة ضرورة الشروط أو درجة كفايتها لنتيجة محدَّدة. ومن عيوب هذه الطريقة أنها تزيد من صعوبة اختيار القرار النهائي. وليس ما يمنع من اختبار كلتا الطريقتين واختيار الأشد ملاءمة للهدف المراد تحقيقه.

تلكم أهم مزايا منطق الضبابية الذي لم يحظَ حتى الآن باهتمام كافٍ من المشتغلين بالعلوم الإنسانية والاجتماعية. ويمكن استثماره وتوسيع استخدامه في الميادين المختلفة. ومن بعض الميادين التي نجحت في استخدامه، ميدان اللغة عبر برامج التحليل اللغوي، وبرامج الترجمة الآلية، من لغة إلى أخرى، وبرامج التعرف إلى الخطوط أو الصور. وكان لذلك أثر مهم في تصميم أجهزة

الاتصال الحديثة واستثمارها، بشكل خاص، في الميادين الأمنية والجنائية، فضلًا عن ميدان العلاقات الدبلوماسية.

استنتاج

يساعد استخدام منطق الضبابية - بوصفه منهجًا تطبيقيًا لدراسة بعض الظواهر الإنسانية والاجتماعية الغامضة والمعقدة التي يقصِّر المنهج الكمي الإحصائي عن معالجتها - في فهم تلك الظواهر بقدر أكبر، ويمثل خطوة إلى الأمام في مسعى الإنسان إلى فهم ذاته. وعلى الرغم من الصعوبات التي ربما يواجهها المشتغلون بتطبيق منطق الضبابية على تلك الظواهر، إلا أنه يبقى لهذا المنطق دور مزدوج إيجابيّ يضطلع به، فعلى المستوى التطبيقي أو الأداتي، يحفظ الخبرات البشرية من الضياع، من خلال البرامج الخبيرة، ويمكِّن صنَّاع القرار من اتخاذ قرارات أكثر ملاءمة، للموقف الراهن؛ وعلى المستوى النظري العقلي، يساهم في انفتاح فكري أو ذهني، يسمح بتقبُّل الحياة بثرائها وتنوعها وغموضها، الأمر الذي يجعل تصوُّر الإنسان لنفسه وللعالم أوسع أفقًا، وأكثر استقلالًا، ويصير أكثر قدرة على إضافة خيارات جديدة وأفكار جديدة واستبصارات جديدة. وهذا يعطي أهمية للتغير التدريجي لتصور الذات البشرية عن ذاتها؛ التغير من الاعتماد على قمة الهرم، إلى الاعتماد على الذات. وإذا كان للجانب التطبيقي أهمية كبيرة يحاول المشتغلون بالعلوم الإنسانية والاجتماعية، بصورة عامة، تحقيقها باستخدام أدوات هذا المنطق، فربما يكون للدور الإيجابي - الذي يضطلع به هذا المنطق على المستوى النظري، في دول العالم النامي عمومًا، وفي عالمنا العربي خصوصًا - أهمية كبيرة لكوننا في أمسّ الحاجة إلى ذلك الانفتاح والتحرر. ويطلب تحقيق هذا الانفتاح التنبه إلى المخاطر الناجمة عن الطبيعة الاستبعادية في التفكير، والكشف عن الأسباب التي أدت إلى الإقصاء المهيمن، بدرجة كبيرة، في عالمنا العربي. ويعدُّ هذا النمط من التفكير، إحدى العقبات أمام المشتغلين بالعلوم الإنسانية والاجتماعية فيه. ولو تخلينا عن هذا النمط الإقصائي، عندها يمكن أن نحافظ على خبراتنا البشرية من الضياع عبر تطبيق هذا المنطق.

مقدمة

انبثقت فكرة منطق الضبابية (Fuzzy logic)[1]، بصورة أساس، من عدم قدرة أنظمة التحكم التقليدي - المستندة إلى المنطق الكلاسيكي الثُّنائي أو المتعدِّد القيم - على تمثيل الظواهر الغامضة والمعقدة، أو من قصورها عن مراعاة الحالات

(1) لمصطلح منطق الضبابية (Fuzzy Logic) ترجمات مختلفة، منها المنطق العائم، أو المنطق الغائم، أو المنطق الضبابي، أو المنطق الغامض أو المنطق الملتبس. انظر: هادي العرفي، «نظام المنطق الملتبس وتطبيقه في المتحكمات الآلية،» مجلة جامعة دمشق، السنة 17، العدد 2 (2001)، ص 191-218؛ نسرين جلال، «تحسين إخماد الاهتزازات في نظم الطاقة الكهربائية باستخدام مخمد اهتزاز يعتمد في عمله على التحكم العائم،» إشراف محمد عبد الحميد وبلسم عيد (رسالة ماجستير، جامعة تشرين، 2010)، وبندر الحميدان، «استرجاع المعلومات من قواعد البيانات باستخدام تقنيات الذكاء الصناعي/ المنطق الضبابي،» إشراف سعد العبد الله (رسالة ماجستير، جامعة حلب، 2009). لكننا آثرنا كلمة الضبابي على العائم أو الغائم لكونها، من وجهة نظرنا، أكثر ملاءمة للظواهر الإنسانية والاجتماعية. ونعتمد كلمة الغموض لـترجمة كلمة Vagueness، واللايقين لـ Uncertainty، والالتباس لـ Ambiguity، وكلها تعيُّنات للضَّبابية. كما نعتمد ترجمة منطق الضبابية، وليس المنطق الضبابي، لكون الصفة هنا (الضبابي) لا يُقصَد بها المنطق، وإنَّما الظواهر التي يعالجها هذا المنطق.

وضع أسُس هذا المنطق، لطفي زاده (Lotfi Zadeh) (1921-)، من خلال مقالته (المجموعات الضبابية Fuzzy Sets) في عام 1965. وزاده هو عالم رياضيات، ومهندس إلكتروني، متخصص بالكمبيوتر والبرمجيات، وبروفيسور فخري في جامعة كاليفورنيا - بيركلي، أذربيجاني الأصل. انصبَّ اهتمامه منذ كتب هذه المقالة، على منطق الضبابية وآلية اتخاذ القرار في بيئة ضبابية، وطريقة الحساب بالكلمات (Computing with Words). من أعماله: *Fuzzy Sets* (1965); *Decision Making in a Fuzzy Environment* (1970); «The Concept to a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning» (1975); «Fuzzy Logic= Computing with Words» (1996); «From Computing with Numbers to Computing with Words» (2002); «Is there a Need for Fuzzy Logic,» (2008), and «Toward a Restriction-Centered Theory of Truth and Meaning (RCT)» (2013).

الضبابية المختلفة. فخلافًا للمنطق الكلاسيكي، لا يقتصر اهتمام منطق الضبابية على الجوانب النظرية المتعلقة بصدق القضايا وكذبها، أو بصحة الاستدلالات وفسادها فحسب، وإنما يهتم أيضًا بمعالجة البيانات المتعلقة بتلك الظواهر؛ أي إنه منهج تطبيقي، إضافة إلى كونه منطقًا نظريًا. لكن الضبابية هنا لا تعني أن النتائج ضبابية، أو أن هذا المنطق غامض أو غير واضح، وإنما تعني أنه منطق يحاكي الضبابية بتعيُّناتها المختلفة؛ أي الغموض والتعقيد واللايقين[2] والالتباس. وتعني المحاكاة هنا إيجاد أو بناء نماذج حاسوبية عبر برامج الذكاء الصُّنعي[3]، مُستمَدَّة من تلك الظواهر، وقادرة على محاكاة سلوكها، بقدر كبير. الأمر الذي يساعد في فهم سلوك هذه الظواهر واتخاذ التدابير اللازمة للتعامل معها.

في ضوء ما سبق، تكمن أهمية منطق الضبابية في جانبين أساسيين: **أولهما** تطبيقي[4]، **وثانيهما** نظري. فهو منهج تطبيقي تقاني يُستخدم لمعالجة البيانات الممثِّلة للظواهر الغامضة والمعقدة عمومًا؛ ومنطق نظري يهتم بالمفاهيم الممثِّلة للظواهر الضبابية المختلفة. ولا ينفصل هذان الجانبان بعضهما عن بعض، وإنما يتداخل النظري في التطبيقي ليشكِّلا وحدة كلية. وبهذا، يختلف منطق الضبابية عن المنطق الثُّنائي القيم والمنطق المتعدِّد القيم اللذين يمكن الفصل فيهما بين هذين الجانبين.

---

(2) اللايقين أو الارتياب (Uncertainty). عادة يُستخدم مصطلح الارتياب في العلوم التقنية، واللايقين في العلوم الإنسانية والاجتماعية.

(3) لمصطلح (Artificial Intelligence) ترجمات مختلفة، شأنه شأن الكثير من المصطلحات العلمية، منها الذكاء الاصطناعي، مصطلح استخدمه علي صبرة فرغلي في ترجمته لكتاب آلان بونيه: الذكاء الاصطناعي، ومنها الذكاء الصناعي (استخدمه بندر الحميدان في رسالته للماجستير). وحافظنا على الترجمة عند الاقتباس من المرجع. لكننا آثرنا ترجمة الذكاء الصُّنعي، لكون الصُّنع يُبرِز، من وجهة نظرنا، مهارة الإنسان ودوره في العمل الـمُنجَز.

(4) وضعنا الجانب التطبيقي أولًا لكونه تقدَّم زمنيًا على الجانب النظري؛ أي استُخدِم هذا المنطق في الكثير من التطبيقات، خصوصًا في التحكم الآلي قبل أن يُنظَّر له. أما تقديم الجانب النظري، في الفصل الثالث، على الجانب التطبيقي، فلغاية إجرائية. لكنْ، ثمَّة تداخل بين الجانبين النظري والتطبيقي. ويُقصد بهذا التداخل أن المكونات النظرية لهذا المنطق، وهي المجموعات الضبابية والمتغيرات اللغوية ودرجات الإمكان اللغوية والقضايا الضبابية، هي جزء لا يتجزَّأ من الجانب التطبيقي؛ أي تُستخدَم في قواعد الاستدلال الضبابي. وسيتضح ذلك في الفصلين الثالث والرابع.

على الرغم من ذلك، لم يحظَ هذا المنطق باهتمام المشتغلين بالعلوم الإنسانية والاجتماعية، إلا في حدود ضيقة جدًا حتى الآن، وما زال المنهجان الكمي الإحصائي أو الكيفي محطَّ اهتمامهم. ومع أن أول محاولة لإدخاله في ميدان العلوم الاجتماعية كانت في مطلع الثمانينيات من القرن الماضي، إلا أن تطبيقاته ما زالت مقتصرة، إلى حدٍّ بعيد، على العلوم الطبيعية، خصوصًا في ميدان التحكم الآلي.

أما في عالمنا العربي فانحصرت البحوث التي استخدمت منطق الضبابية، وهي قليلة جدًا، في ميدان التحكم الآلي، من خلال بعض رسائل الماجستير أو أطروحات الدكتوراه. ومن طبيعة هذا النوع من البحوث أن يقتصر على الجوانب التطبيقية التقانية، وينخرط في تحليل المعادلات والمخططات البيانية، من دون أن يولي اهتمامًا بالجانب النظري، إلا في حدود بعض التعريفات الإجرائية. لذا، كانت الفائدة من تلك الدراسات للبحث الراهن، محدودة وضئيلة.

في المقابل، يبني المشتغلون بالعلوم الإنسانية والاجتماعية بحوثهم على دراسة نظرية للظواهر. وفي هذا السياق، لا تحوي المكتبة العربية أي دراسة نظرية لهذا المنطق، ولا دراسة تطبيقية على الظواهر الإنسانية والاجتماعية. إذ توقفت الدراسات النظرية كلها، على قلّتها أيضًا، عند المنطق المتعدِّد القيم، واقتصرت على تناول الموضوع من زاوية منطقية محض؛ أي قيم الصدق والكذب وصحة الاستدلال وفساده.

في كتابه **المنطق متعدِّد القيم: بين درجات الصدق وحدود المعرفة**[5] الذي اعتمد

---

(5) صلاح عثمان، المنطق متعدد القيم: بين درجات الصدق وحدود المعرفة، مشكلات فلسفة العلم؛ 4 (الإسكندرية، مصر: منشأة المعارف، 2002). أراد عثمان في هذا الكتاب أن يثبت أن الغموض ظاهرة إيبستمولوجية مردُّها قصور الذات عن إدراك الظواهر الواقعية أو معرفتها، بهدف تأكيد نهائية القدرة البشرية ومحدوديتها، أو تأكيد وجود قوة فوق بشرية تتحكم بمقدرة البشر. ويخلص من ذلك إلى أن ظهور الأنساق المنطقية المتعدِّدة أو اللانهائية هو تجسيد للعلاقة الجدلية اللامتهية بين الإنسان والطبيعة، أو بين ما هو مدرَك وما هو موجود بالفعل. وهو بذلك يستحضر النزعة الواقعية الأفلاطونية التي تؤكد وجود عالم ثابت أزلي تتعذّر معرفته (ص 25-26). غير أننا نخالفه الرأي، ونؤكد أن مرد عدم اكتمال معرفتنا ببعض الظواهر، أو اللايقين في معرفتها، تغيُّرها الدائم، والتغير فيها لاخطي؛ أي لا يمكن التنبؤ به استنادًا إلى معرفة سابقة. وما يسميه عثمان غموضًا هو أحد تعيُّنات الضبابية (ما نطلق عليه لايقينًا). وما يسترعي الانتباه أن الباحث، يتناول المنطق المتعدِّد القيم، لكنه حتى في إهدائه كان مطلقًا وتقنيًا، بالمعنى الرياضي. إذ أهدى الكتاب إلى زوجته بعبارة اختزلت الحياة في دالة منطقية، والحب في الصدق المنطقي المحض.

فيه صلاح عثمان، اعتمادًا أساسيًا[6] على وليامسون، اعترف بوجود وقائع غامضة، مثل غموض الواقع الفيزيائي، وحالات واقعية متاخمة تتغير تغيرات متصلة[7]. وأكد في كتابه الفلسفة العربية من منظور نيوتروسوفي[8] أن الغموض مميزٌ للموضوعات التي تفتقر إلى الدقة في التحديد[9]. ومع ذلك، أثبت ادعاء وليامسون أن الغموض ظاهرة معرفية مردُّها قصور في الأدوات المستخدمة[10]. وبالتالي، وصل إلى نتيجة مفادها أن هذا الغموض لا يتبدد بالشك في صحة مبدأ الثالث المرفوع. فهو، في نظره، مبدأ صحيح وسليم، حتى في المنطق المتعدِّد القيم أو في منطق الضبابية؛ لأن للقضايا - الممثلة الواقع - قيمتين للصدق لا ثالث لهما[11]. وبهذا يكون قد تجاهل اعترافه بالحالات المتاخمة والمفتقرة إلى الدقة في التحديد، التي لا ينطبق عليها مبدأ الثالث المرفوع، ولا الرابع المرفوع... إلخ. فضلًا عن تجاهله أن هذا الغموض لا يمكن التخلص منه، ولم يسعَ منطق الضبابية إلى القيام بذلك، بل يحاول تمثيله بشكل يراعي التداخل بين هذه الحالات، والانتقال الانسيابي من حال إلى أخرى. كما يراعي التعقيد الكامن في بعض الظواهر.

لكنَّ ما يسترعي الانتباه أن عثمان أثبت صحة هذا المبدأ في منطق الضبابية - أو ما يسميه أحيانًا منطق قيم الصدق اللامتناهية - بإعطاء القضايا قيم صدق مطلقة؛ أي صادقة أو كاذبة[12]. لكنه لو استخدم قيم صدق جزئية، لوصل إلى نتيجة مختلفة، وتخلّى عن ادعائه صحة هذا المبدأ في منطق الضبابية.

---

(6) استخدم عثمان كتاب وليامسون المعنون الغموض (*Vagueness*) في أغلب صفحات الكتاب، وتبنى رأيه الذي يقر فيه أن الغموض مجرد مشكلة معرفية. انظر: Timothy Williamson, *Vagueness*, Problems of Philosophy (London; New York: Routledge, 1994).

(7) انظر: عثمان، ص 19، 24، 75 و99.

(8) فلورنتن سمارانداكة وصلاح عثمان، الفلسفة العربية من منظور نيوتروسوفي (الإسكندرية، مصر: منشأة المعارف، 2007)، المنطق النيوتروسوفي، كما يقدمه الباحثان، هو فرع جديد من الفلسفة يتناول أصل الكيانات المحايدة وطبيعتها، وتفاعلها مع الأطياف الفكرية الأخرى (ص 43).

(9) انظر: سمارانداكة وعثمان، ص 91.

(10) انظر: عثمان، ص 25، 100 و154.

(11) انظر: المصدر نفسه، ص 25 و130-132.

(12) انظر: المصدر نفسه، ص 131.

في هذا الصدد، لم يتمكَّن عثمان من تكوين تصور واضح عن منطق الضبابية. وكان لاستخدامه طريقة خاطئة لتمثيل المجموعات الضبابية[13]، أو رسم توابع انتمائها - وهي الطريقة ذاتها المستخدمة في المجموعات التقليدية؛ أي مخطط فن[14] - الأثرُ الأبرز في سوء فهمه[15]؛ لأنه لم يعد لمبادئ المجموعة الضبابية معنى، ولم يعد مسوَّغًا القول الاختلاف بين المجموعتين من حيث قيم الانتماء واللاانتماء. ومع أنه استخدم مبادئ المجموعة الضبابية، غير أن استخدامه لها لم يزد على كونه شكليًا. ويتضح ذلك، عندما وصف المجموعات الضبابية بأنها لم تُفلح في تبديد الغموض أو تجنبه[16]. كما أنه خلط[17] بين نظرية الاحتمالات - التي تشترط أن يكون مجموع النسب الاحتمالية مساويًا للواحد - والمجموعات الضبابية التي لا تضع مثل هذا الشرط. إضافة إلى أنه قلَّل من أهمية جهد زاده، عندما وصف مقالته «Fuzzy Sets»[18] بالبحث القصير[19]. ويبدو أن الباحث أغفل ما أحدثته هذه المقالة ومعها منطق الضبابية من ثورة في ميدان التحكم الآلي،

---

(13) انظر: المصدر نفسه، ص 103-110.

(14) مخطط فن نسبة إلى جون فن (John Venn) (1834-1923) وهو فيلسوف ومنطقي إنكليزي. ويُستخدَم هذا المخطط لتوضيح علاقات التضمُّن والإبعاد بين مجموعتين أو أكثر، ويتألف من دائرتين أو ثلاث دوائر متقاطعة تمثّل كل منها مجموعة تحوي عناصر لها خصائص مشتركة. كما يُوظَّف في تمثيل القضايا الحملية، واختبار صحة القياس في المنطق الثُّنائي القيم. انظر الموقع الإلكتروني: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/625445/John-Venn>.

(15) أفرد عثمان فصلًا (ص 97-117) في كتابه المنطق متعدد القيم، للحديث عن المجموعات الضبابية ومنطق الضبابية، ويسميها المجموعات الغائمة أو المرنة أو السيالة، والمنطق الغائم. لكن ما يسترعي الانتباه أنه لم يستخدم أي مرجع في منطق الضبابية، بل اعتمد، في هذا الفصل، كليًا على كتاب وليامسون المذكور سابقًا. كما أفرد جزءًا من الفصل الأول (ص 94-122)، في كتابه الفلسفة العربية من منظور نيوتروسوفي، للمقارنة بين منطق الضبابية والمنطق النيوتروسوفي. لكن مقارناته تنم عن سوء فهم لمنطق الضبابية.

(16) انظر: عثمان، ص 111، 126 و142.

(17) يصرح أن المجموعات الضبابية تشترط أن يكون مجموع قيم الانتماء فيها مساويًا للواحد. انظر: سمارانداكة وعثمان، ص 95 و121-122.

(18) Lotfi A. Zadeh, «Fuzzy Sets,» *Information and Control*, vol. 8, no. 3 (June 1965), pp. 338-353.

(19) انظر: سمارانداكة وعثمان، ص 146، وعثمان، ص 100-101. مع أنه يضيف صفة الأهمية إلى القصر، ويعترف بأن هذه المجموعات أصبحت عصب الأجهزة الإلكترونية الحديثة، لكن يبدو أن هذه الإضافة - لكونها مترافقة مع سوء الفهم - لا تعدو كونها شكلية.

واستخدامه في عدد من الصناعات الإلكترونية، ولاحقًا استخدامه في ميدان العلوم الإنسانية والاجتماعية.

أهمية البحث

استنادًا إلى ما سبق، يستمدُّ هذا البحث جانبًا من أهميته، من كونه أول بحث باللغة العربية يسلِّط الضوء على منطق الضبابية ومكوّناته النظرية، من الناحية المنطقية، من جهة؛ ويحاول الكشف عن إمكان تطبيقه في دراسة الكثير من الظواهر الإنسانية والاجتماعية في عالمنا العربي، من جهة أخرى. وتكمن جوانب أهميته الأخرى في منطق الضبابية ذاته الذي ينطوي على فوائد عدة، على المستوى النظري الفكري وعلى المستوى التطبيقي. وتكمن فوائده، على المستوى النظري الفكري في كونه طريقة مختلفة في التفكير والنظر إلى العالم عن طريقة المنطقين الثُّنائي القيم والمتعدِّد القيم. وتتمثّل تلك الفوائد في تعزيز نمط التفكير الضبابي بوصفه مفتوحًا على إمكانات غير نهائية؛ وقائمًا على البنية اللولبية (Spiral)[20] التنظيم الهرمي؛ ومستندًا إلى الحوار الذي يفضي إلى اتفاق غير قسري، أو إلى اللااتفاق، بدلًا من فرض الاتفاق قسرًا وقبوله حصرًا. هو منطقٌ ينقل الديمقراطية إلى ميدان العلم؛ لأنه لا يستبعد ميدانًا معرفيًا بحجة الموضوعية، بل يولي اهتمامًا بالميادين كلها، وبجميع الأفراد.

أما فوائده على المستوى التطبيقي - من حيث هو أداة منهجية لمعالجة البيانات المتعلقة بالظواهر الإنسانية والاجتماعية ذات الطبيعة الكيفية والغامضة والمعقدة - فتتمثَّل، بصورة أساس، في تمكين صُنَّاع القرار من اتخاذ قرارات أكثر ملاءمة في مثل هذه الأوضاع. ومن المؤكد أن لتطبيق هذا المنطق، في الدول النامية، بصورة عامة، وفي عالمنا العربي، بصورة خاصة، فائدة أخرى تتمثّل في حفظ الخبرات من الضياع ومنع احتكارها؛ لكونه يسمح بنقل الخبرات البشرية إلى ما يسمى الأنظمة الخبيرة. ذلك أن الكثير من الخبرات والكفاءات تضيع نتيجة هجرتها أو استبعادها أو احتكارها، لسبب أو آخر.

---

(20) تنطوي البنية اللولبية أو بنية الدوامة، على بنية دائرية تعزِّز التكافؤ على المستوى الواحد، وتفضي التغيرات اللاخطية فيها إلى التقدُّم على المستويات المتعدِّدة.

الإشكالية

أما إشكالية هذا البحث فتكمن في أن الظواهر الإنسانية والاجتماعية أشدُّ غموضًا وتعقيدًا من الظواهر الطبيعية والفيزيائية، فضلًا عن كونها ذات طبيعة كيفية وفردية، كما أن حرية الفرد تضفي مزيدًا من الغموض والتعقيد على تلك الظواهر، وتجعل التنبؤ بها صعبًا وربما متعذّرًا. ومن شأن ذلك، أن يجعل المنهج الكمي الإحصائي غير كافٍ لهذا الغرض؛ لكونه يقصّر عن فهم الجوانب الكيفية والغامضة والمعقدة. إذ يتجاهل الطبيعة الكيفية ويعتمد التكميم الصارم[21]؛ ويتجاهل الغموض بوصفه تداخلًا بين حالات الظاهرة، أو بين الميادين المتعددة، وانتقالًا انسيابيًا من حال إلى أخرى؛ وينخرط في تبسيط التعقيد واختزال البيانات. وهذا القصور في المنهج الكمي يدفع باتجاه العثور على منهج آخر يعالج تلك الظواهر بطريقة مختلفة عن طريقة هذا المنهج، وبما يراعي، قدر الإمكان، خصائص تلك الظواهر. ويشكل منطق الضبابية، في هذا السياق، خطوة نحو الأمام في مسعى الإنسان إلى فهم نفسه.

غير أن كثرًا من المشتغلين بالمنطق أو بفلسفة اللغة يعارضون فكرة الغموض بوصفه ظاهرة واقعية. فيردُّه بعضهم إلى نقص في الأدوات اللازمة لمعرفتها، وبعضهم الآخر إلى مشكلة لغوية ناجمة عن غموض اللغة الطبيعية. وبالتالي، يؤيد الفريق الأول فكرة اللايقين بوصفه ذاتيًا؛ أي مرتبطًا بالذات وبأدوات القياس المستخدمة، ما جعلهم يعتقدون إمكانَ الحدِّ من هذا اللايقين بمزيد من كسب المعرفة أو بتطوير الأدوات اللازمة. أما الفريق الثاني، المؤيد لفكرة الغموض بوصفه مرتبطًا باللغة الطبيعية، فاستبدل بها لغة رمزية للتخلص من عيوب اللغة الطبيعية وما تخلقه من التباس وإبهام، فاعتقد أنه وصل إلى منطق أكثر دقة وأكثر تعبيرًا عن قضايا الواقع.

---

(21) نقصد بالتكميم الصارم (Rigorous) تحويل المتغيرات اللغوية إلى قيم كمية محدَّدة لا تراعي الحالات المتاخمة والتداخل في ما بينها، أو التغيُّر التدريجي من حال إلى أخرى. فخط الفقر، على سبيل المثال، مؤشر يميز به الباحثون في المنهج الكمي بين الفقراء ومتوسطي الدخل، أو بين الفقراء وغير الفقراء. انظر في الفصل الرابع من هذا الكتاب «عيوب المنهج الكمي الإحصائي في دراسة الظواهر الإنسانية والاجتماعية»، ص 209.

في المقابل، يذهب المشتغلون بمنطق الضبابية إلى أن الغموض كامن في الظواهر الواقعية، ومتأصِّل فيها، وليس شيئًا عَرَضيًا. كما أن التعقيد من طبيعة بعض تلك الظواهر. وبالتالي، يولّد الغموض والتعقيد اللايقين في المعرفة والالتباس في اللغة. لذا، يحاول هذا البحث تبنّي أطروحة مفادها أن استخدام منطق الضبابية في العلوم الإنسانية والاجتماعية أوْلى من استخدامه في العلوم الطبيعية؛ لكونه يراعي الكثير من خصائص الظواهر الإنسانية والاجتماعية، ما يجعله أداة منهجية أكثر إتقانًا من المنهج الكمي الإحصائي المستند إلى المنطق الثُّنائي القيم أو المتعدِّد القيم. وبالتالي، يجعل من استخدام منطق الضبابية، خصوصًا في العالم العربي، أمرًا مفيدًا، على المستويين النظري الفكري والتطبيقي الأداتي.

أهداف البحث

يهدف هذا البحث الإجابة عن الأسئلة الآتية: إذا كان منطق الضبابية استُخدِم في العلوم الطبيعية فحقق نجاحًا تمثَّل في توفير استهلاك الطاقة من جهة، ورفع مستوى ذكاء الآلة من جهة ثانية، فكيف يمكن أن نجعل من هذا المنطق أداة منهجية لمعالجة البيانات المرتبطة بالظواهر الإنسانية والاجتماعية؟ وما الفوائد التي يحققها ذلك؟ وكيف يساهم في رسم السياسات الاقتصادية والاجتماعية؟

للإجابة عن هذه الأسئلة، استُخدِم مركّب منهجي يجمع بين التحليل والمقارنة والنقد. إذ استُخدِم التحليل في الكشف عن المفاهيم المرتبطة بالضبابية، وعن نمط التفكير المتعلق بأنواع المنطق الثلاثة؛ المنطق الثُّنائي القيم والمنطق المتعدِّد القيم ومنطق الضبابية. ومثّلت المقارنة طريقة للكشف عن الفروق، على المستوى النظري المنطقي، بين هذه الأنواع الثلاثة، من حيث قيم الصدق وقيم الانتماء وما يترتب عنها؛ وعن الفروق، على المستوى التطبيقي التقاني أو الأداتي المنهجي، بين التحكم التقليدي – المستنِد إلى المنطق الثُّنائي القيم – والتحكم الآلي المستنِد إلى منطق الضبابية، وبين المنهج الكمي الإحصائي ومنطق الضبابية. كما تخلل التحليلَ والمقارنةَ نقدٌ لطرائق التفكير التقليدية أو المناهج التقليدية وما يترتب عنها.

توزعت الإجابة عن الأسئلة المذكورة أعلاه في أربعة فصول مسبوقة

بمقدمة ومتبوعة بخاتمة. ففي الفصل الأول، انصبَّ الاهتمام على الكشف عن بعض العناصر الضبابية في بعض ميادين المعرفة، الفلسفية منها أو العلمية، التي كان لها دور في ولادة هذا المنطق. وكان معيار اختيار هذه الميادين هو ما يرتبط تحديدًا بالضبابية وتعيّناتها؛ أي ما بدا أنه ينطوي على بواكير أو محاولات لتناول المشكلات المتعلقة بالضبابية أو طرْحها، بدأت بها هذه الميادين، ثمَ صارت موضع تركيز منطق الضبابية واهتمامه.

ظهر بعض العناصر الضبابية، في الفلسفة الشرقية، داخل الطاوية والبوذية، اللتين قدمتا رؤية فلسفية، نظرية وعملية. وفي الفلسفة الأرسطية، تعدُّ مقولة الإمكان بوصفها إحدى مقولات الجهة، أول محاولة لطرح مشكلة قيم الصدق الثنائية. ومع أن أرسطو حاول تقدير قيم الصدق للقضايا المستقبلية استنادًا إلى قيم صدق الوجود واللاوجود، حيث لا يخرج عن المبادئ التي وضعها، إلا أنه لم يُحرِز نجاحًا كبيرًا، وبقيت المشكلة معلقة. وسعى المناطقة، في بداية القرن العشرين، إلى حل هذه المشكلة، على المستوى المنطقي، فولد بذلك المنطق المتعدِّد القيم، لكنَّ حلهم كان محدودًا نسبيًا. وأخيرًا كان لتطور العلوم الفيزيائية والرياضية دور مهم في التركيز على اللايقين بدلًا من اليقين، وعلى التعقيد بدلًا من البساطة، وعلى الكايوس (Chaos)[22] بدلًا من النظام؛ نظرًا إلى غموض الواقع وتعقيده. وبذلك،

(22) مصطلح الكايوس مأخوذ عن اليونانية ويعني الفوضى أو العماء. لكن دلالة المصطلح في العلم الحديث تختلف كل الاختلاف عن دلالته في الثقافة اليونانية القديمة. وتعددت ترجماته إلى العربية شأنه شأن الكثير من المصطلحات العلمية. ومن بينها «العشواء» استخدمها بسام أحمد المغربي في: إيان ستيورات، من يلعب النرد؟: الرياضيات الجديدة للظواهر العشوائية، ترجمة بسام أحمد مغربي، الثقافة المميزة (دمشق: دار طلاس، 1994)؛ و«الشواش» استخدمها طاهر شاهين وديمة شاهين في ترجمتهما كتاب: دافيد رويل، المصادفة والشواش، ترجمة طاهر شاهين وديمة شاهين (دمشق: وزارة الثقافة، 2006)؛ و«الفوضى»، كما في ترجمة أحمد مغربي في: جايمس غليك، نظرية الفوضى: علم اللامتوقع، ترجمة أحمد مغربي (بيروت: دار الساقي، 2008)، علمًا أن مغربي يستعمل، على امتداد صفحات الكتاب، التعريب أحيانًا (الكايوس) والترجمة أحيانًا أخرى (الفوضى). لكننا آثرنا التعريب (الكايوس) على الترجمة، لأن هذه الترجمات، غير ملائمة تمامًا لما يعنيه المفهوم، ولا تستنفد ثراءه. فربما يُفهم من «الفوضى» بأنه ما ليس منظَّمًا، لكنه قابل للتنظيم. وربما يُفهَم من «الشواش» بأنه اضطراب أو ضجيج، موقت أو دائم، يمكن التخلص منه، ومن «العماء» ما يتعلق بعدم القدرة على تبيُّن رؤية واضحة، في حين أن العشواء يقابل (Random) =

ساهم التقدم العلمي الذي أفرزته هذه الميادين بدور أساس في تنبيه الباحثين إلى طريقة جديدة في التفكير، تبلورت، في ما بعد، بما سمي منطق الضبابية.

أما **الفصل الثاني** فركَّز على البحث في مسوغات استخدام منطق الضبابية بصورة عامة. وكشف عن تعينات الضبابية على المستويات الثلاثة، الأنطولوجي والإبيستمولوجي والسيمانطيقي، مبيّنًا الدلالات الاصطلاحية لكل منها والإشكالات الناجمة عن ذلك. ثم قارن بين النظريتين الاحتمالية والضبابية، مبيّنًا حدود الأولى ومزايا الثانية. ذلك أن كثرًا من نقاد منطق الضبابية كانوا من أنصار نظرية الاحتمالات. وبيَّن أن اللايقين لا يقتصر على كونه نقصًا في المعرفة، كما يذهب أنصار هذه النظرية، بل له أشكال أخرى يرتبط بعضها بالموضوع، وبعضها بالذات، وبعضها بالتداخل بين الميادين المتعددة، أو انتماء الظاهرة الواحدة إلى أكثر من ميدان واحد، في الوقت عينه، أو التداخل بين الذات والموضوع معًا.

استهدف **الفصل الثالث** الكشف عن مكونات منطق الضبابية. وركز على جانبين أساسيين: **أولهما** نظري منطقي، وثانيهما تطبيقي تقني. تناول الجانب **الأول** أدوات هذا المنطق - أي المجموعات الضبابية وتوابع الانتماء الضبابي والمتغيرات اللغوية والعلاقات الضبابية - من زاوية نظرية منطقية؛ أي قيم الانتماء وقيم الصدق، من خلال المقارنة بين الانتماء إلى المجموعات الضبابية وإلى المجموعات التقليدية، وبين قيم الصدق في منطق الضبابية وفي المنطقين الثنائي القيم والمتعدِّد القيم. أما **الجانب التطبيقي**، فتناول استخدام هذه الأدوات في الاستدلالات الضبابية لتوظيفها في بعض التطبيقات التقانية. محاولًا إبراز مزايا منطق الضبابية؛ والكشف عن عيوب المنطق الثنائي القيم أو المتعدِّد القيم، على المستويين التطبيقي التقاني والنظري المنطقي، وما يترتب عن ذلك من رؤية مختلفة على المستوى الفكري.

تركز **الفصل الرابع والأخير** على استخدام منطق الضبابية بوصفه أداة منهجية

= وهو يختلف عن الكايوس. وغالبًا ما يوضع الكايوس في مقابل النظام، لكنه لا يعني اللانظام، بل هو مميز للمنظومات المعقدة؛ أي المتغيرة تغيرات لاخطية التي تحكمها الجواذب الغريبة، البعيدة عن الاستقرار، الحسَّاسة للشروط الأولية، وغير القابلة للتنظيم أو التنبؤ.

في العلوم الإنسانية والاجتماعية، ما اقتضى المحافظة على معاني التحكم الضبابي وروحه، في الميدان التقاني، والانتقال من مفهوم التحكم الضبابي إلى مفاهيم تلائم الظواهر الإنسانية والاجتماعية، مثل اتخاذ القرار أو تقديم النصح والمشورة أو استشراف الخطط المستقبلية. وتطلّب تطبيق هذا المنطق الكشف عن جوانب قصور المنهج الكمي الإحصائي في معالجة البيانات المرتبطة بالظواهر الإنسانية والاجتماعية، ثم الانتقال إلى طريقة منطق الضبابية في التقويم، وإبراز مقدرة المجموعات الضبابية على تمثيل المفاهيم المقابلة للظواهر الغامضة والمعقدة، وتصميم هذه المجموعات وقدِّها على قدِّ تلك المفاهيم. وبعد ذلك، انصبَّ الاهتمام على تحليل الضرورة والكفاية استنادًا إلى المبادئ النظرية للمجموعة الضبابية، وعلى بيان الفروق بين الضرورة والكفاية بالمعنى التقليدي، والضرورة والكفاية بمعناهما الضبابي. وأخيرًا كشف البحث عن آلية اتخاذ القرار في بيئة ضبابية من خلال أدوات منطق الضبابية.

أما في خاتمة الكتاب فحاولنا استنباط الفوائد التي يحققها استخدام هذا المنطق والآفاق التي يفتحها أمام البحث الفلسفي، خصوصًا المتعلق بالتقريب بين المنطق والحياة. إضافة إلى الكشف عن بعض صعوبات تطبيق هذا المنطق في دراسة الظواهر الإنسانية والاجتماعية.

أخيرًا، كان إنجاز هذا البحث عسيرًا، إلى درجة كبيرة. إذ واجهتني فيه صعوبات جمة ناجم معظمها عن وقوع هذا المنطق على التخوم بين الفلسفة والعلم، وبين المنطق النظري الصوري والمنهج التطبيقي الأداتي، وبين الفكر المجرد والحياة اليومية المعيشة. وأهم الصعوبات خمس: **الأولى** عدم وجود أي مرجع أو بحث أكاديمي في اللغة العربية عن الموضوع أو تطبيقاته، باستثناء بعض البحوث الأكاديمية عن تطبيقه في ميدان التحكم الآلي. وهذا ما جعل قراءة المصادر المتعلقة بالموضوع والمحصورة بالكامل باللغة الإنكليزية أمرًا ليس بالسهل، فضلًا عن صعوبة الحصول عليها. **الثانية**، أن تطبيقات هذا المنطق في العلوم الإنسانية والاجتماعية ما زالت محدودة ونادرة، الأمر الذي يعني قلة البحوث أيضًا في اللغة الإنكليزية التي تناولت تطبيق هذا المنطق في تلك العلوم. وهذا ما جعل قسمًا

كبيرًا من العمل منصبًّا، في البداية، على كيفية تطبيقه في ميدان التحكم الآلي، ما أوجد الصعوبة الثالثة المتمثلة بالتعمُّق في ميدان التحكم والبرمجة. أما الصعوبة الرابعة فتمثلت في أن هذا البحث يحاول تقديم منطق الضبابية بوصفه أداة أكثر إتقانًا من المنهج الكمي الإحصائي في معالجة البيانات المتعلقة بالظواهر الإنسانية والاجتماعية، ما اقتضى أيضًا الدخول في الطريقة التي يعالج بها هذا المنهج تلك البيانات. وأما الصعوبة الخامسة، فناجمة عن البحث في علاقة هذا المنطق بالمنطق الكلاسيكي الصوري والرمزي والمتعدِّد القيم من زوايا نظرية.

من الواضح أن كل واحد من هذه الميادين، التحكم والبرمجة والمنهج الكمي الإحصائي والمنطق الكلاسيكي، ميدان مستقل بذاته. ولهذا، تطلّبت محاولة التغلب على تلك العقبات الكثير من الصبر، والكثير من الجهد والعمل الدؤوب والمتواصل من دون توقف[23]، إضافة إلى الكثير من النقاشات الجادة والعميقة والدائمة مع المشرف يوسف سلامة، والنقاش الجاد والدائم أيضًا مع عدد من أصحاب الاختصاصات المختلفة.

في الختام، لا بدَّ من الإشارة إلى أننا حرصنا على كتابة الأسماء الأجنبية بالطريقة عينها التي ارتأينا أنها أفضل من سواها عندما يكون الكلام لنا. لكن تعدُّد الترجمات العربية واختلاف المترجمين جعل طريقة رسم تلك الكلمات مختلفة بينهم، فعلى سبيل المثال لا الحصر، لوتزه أو لوتسو، واليانغ أو اليانج وهو المسوِّغ للاختلاف بين النص الحرفي المقتبَس والموضوع داخل شولتين «..» ونصنا.

أخيرًا، يطمح هذا البحث إلى أن يكون إضافة جديدة إلى المكتبة العربية التي ما زالت تحتاج إلى المزيد من البحوث عنه.

(23) حافظت في هذا البحث على طريقة للعمل وفقًا لروح المبدأ في المتحكم الضبابي؛ أي كنت أتباطأ وأتسارع في عملي، لكني قلما توقفت. وهذا ساعدني في توفير الوقت والجهد، شأنه شأن التوفير في استهلاك الطاقة الذي حققته البرامج الخبيرة في المتحكم الضبابي.

الفصل الأول

الجذور التاريخية لمنطق الضبابية



يركّز منطق الضبابية اهتمامه، في المستوى الأنطولوجي على غموض (Vagueness) الظواهر الواقعية وتعقيدها (Complexity)؛ وفي المستوى الإبيستمولوجي على اللايقين (Uncertainty) بوصفه من طبيعة المعرفة، أو على قيم الصدق الجزئية للقضايا، أو قيم الانتماء اللانهائية إلى المجموعة الضبابية، الواقعة ضمن المجال [0.1]؛ وفي المستوى السيمانطيقي على الالتباس (Ambiguity) بوصفه من طبيعة اللغة من حيث هي ظاهرة اجتماعية. فالظواهر الواقعية، معقدة بدرجة ما، وبسيطة بدرجة أخرى، محدَّدة بدرجة ما، وغامضة بدرجة أخرى؛ والمعرفة يقينية، بدرجة ما، وغير يقينية، بدرجة أخرى؛ واللغة واضحة، بدرجة ما، وملتبسة بدرجة أخرى؛ أي لا يصل التعقيد أو الغموض أو اللايقين أو الالتباس إلى الدرجة المطلقة.

من هنا، تأتي أهمية منطق الضبابية في دراسة الظواهر الغامضة والمعقدة بصفة عامة، والإنسانية والاجتماعية منها بصفة خاصة. وتكمن أهميته في العلوم الإنسانية والاجتماعية في جانبين أساسيين: أولهما تطبيقي أداتي، وثانيهما نظري فكري. فهو أداة منهجية مختلفة عن المنهج الكمي الإحصائي في طريقة جمع البيانات وتحليلها، ومنطق نظري مختلف عن المنطق الثنائي القيم أو المتعدِّد القيم في طريقة معالجة الحدود والقضايا والاستدلالات، ويترتَّب عن ذلك اختلاف في النظر إلى الوقائع المقابلة.

غير أن استخدام هذا المنطق، في المستوى التطبيقي، ما زال أكثر شيوعًا في ميدان العلوم الطبيعية، خصوصًا التحكم الآلي. إذ استُخدِم بوصفه أداة فاعلة وناجحة في هذا التحكم. وانعكس هذا النجاح في توفير استهلاك الطاقة، وتمكين الآلة من التفكير واتّخاذ القرار، وفقًا للموقف الراهن، كما يفعل الخبير في ميدانه. وهذا ما سُمّي بالذكاء الصُّنعي.

أما في العلوم الإنسانية والاجتماعية - مع أن تطبيقه لم يزل محدودًا بدرجة كبيرة - فالفائدة تنعكس في المستويين التطبيقي والفكري معًا. فعلى المستوى التطبيقي يمكن توظيف آليات هذا المنطق في جمع البيانات المتعلقة بالظواهر الإنسانية والاجتماعية وتحليلها؛ لكونها أكثر إتقانًا من أدوات المنهج الكمي الإحصائي؛ إذ تسمح بمراعاة التعقيد والغموض في تلك الظواهر، وتمكّن من اتخاذ القرار في بيئة ضبابية، بإعطاء خيارات لصنّاع القرار تساعدهم في انتقاء القرار الأكثر ملاءمة للحالة المدروسة. وهذا ينعكس، على المستوى الفكري، في رؤية أعمق وأكثر اتساعًا للعالم والإنسان والمعرفة، من حيث إن لهذا المنطق طريقة مختلفة في النظر إلى العالم عن طريقة المنطقين الثُّنائي القيم أو المتعدِّد القيم.

إذا نظرنا إلى المنطق من زاوية اهتمامه بالحدود والقضايا والاستدلالات، فلمنطق الضبابية رؤية مختلفة لها عن رؤية المنطقين الثُّنائي القيم والمتعدِّد القيم. فالمنطق الثُّنائي القيم، لم يعترف إلا بقيمتين للصدق: الصدق المحض والكذب المحض، يقابلهما قيمتا الانتماء المطلق - أي [1] - واللاانتماء المطلق - أي [0] - إلى المجموعة التقليدية. وبهذا، تقتسم القضايا قيمتي الصدق والكذب، على نحو متخارج، وما بينهما مُستبعَد أو مُهمَل أو مُختزَل، ويكون الاستدلال إما صحيحًا أو فاسدًا.

أما المنطق المتعدِّد القيم فأضاف بعض قيم الصدق الواقعة بين هاتين القيمتين، وهي قيم محايدة أو غير محدَّدة؛ أي ليست صادقة ولا كاذبة بالمطلق. فحوى المنطق الثُّلاثي القيم، ثلاثَ قيم لصدق القضايا: الصادق والمحايد والكاذب، يقابلها ثلاث قيم لانتماء الأعضاء إلى المجموعة: الانتماء المطلق - أي [1] - والانتماء المحايد - أي [½] - واللاانتماء المطلق - أي [0] - وتضمَّن المنطق الرُّباعي القيم أربعَ قيم، والمنطق الخُماسي القيم خمسَ قيم ... إلخ. وفي مقابل هذا وذاك، انصبَّ تركيز منطق الضبابية على قيم الصدق الجزئية اللانهائية، أكثر من تركيزه على درجات الصدق الكاملة[1].

(1) ليس في منطق الضبابية قيم مطلقة، وإنما يتحدد الانتماء الكامل واللاانتماء الكامل وفق=

ويرجع هذا الاهتمام، بدرجة كبيرة، إلى تركيز منطق الضبابية على حيز التحول في حالات الظاهرة المتقابلة تقابلًا قطبيًا، وإعطائها أهمية تفوق أهمية القطبين ذاتهما. وهذا التحول يوافق انتقال المجموعة إلى متممتها، أو انتقال العضو من الانتماء الكامل إلى اللاانتماء الكامل، وبالعكس. ولا يعني ذلك أن هذا المنطق يُهمِل هاتين القيمتين، وإنما تصبح لهما دلالة مختلفة عن دلالتهما في المنطق الثُّنائي القيم. وبهذا، فهو يهتم بقيم الانتماء كلها الواقعة ضمن المجال [0،1]، من دون أن يستبعد أيًا منها أو يختزلها بقيمتين فقط، كما في المنطق الثُّنائي القيم؛ أو من دون أن يستبعد بعضًا منها، كما في المنطق المتعدِّد القيم. وهذا الاستبعاد يجسده الانفصال، خصوصًا الانفصال القوي الذي يبدأ بـ «إما» وينتهي بها، والذي يعبّر عنه مبدأ الثالث المرفوع، في المنطق الثُّنائي القيم، والرابع المرفوع في المنطق الثلاثي القيم، والخامس المرفوع، في المنطق الرُّباعي القيم ... إلخ.

غير أن للانفصال، في منطق الضبابية، معنى مختلفًا عنه، في المنطق الثُّنائي القيم. فبينما يكون الانفصال متخارجًا وحادًا، في المنطق الثُّنائي القيم، ويمثله التقابل بين الوجود واللاوجود، أو بين القضايا المختلفة بالكم والكيف، يمكن أن يتَّخذ، في منطق الضبابية، معاني أوسع. فهو يشمل الحالات التي يمكن أن يتداخل فيها النقيضان، من دون أن يستبعد أحدهما الآخر – مثل الين واليانغ؛ والحالات الموافقة لقضيتين متقابلتين إحداهما أقرب إلى الصدق التام، والأخرى أقرب إلى الكذب التام – مثل قضايا الإمكان المستقبلية؛ والحالات الغامضة التي ربما تتخذ قضاياها قيمتي الصدق والكذب، في آن واحد – كالمفارقات المنطقية؛ وأخيرًا الحالات التي يمكن أن تجتمع فيها طبيعتان مختلفتان، لكنهما تتعايشان أو تكمِّلان بعضهما بعضًا – كالطبيعة الموجية والجسيمية للضوء. إضافة إلى الحالات التي تنطوي على التقابل بين التحديد واللاتحديد أو بين اليقين واللايقين – مثل مبدأ اللاتحديد أو اللايقين في الفيزياء الكوانتية.

= الغرض من المجموعة. لذا عند الحديث عن المجموعات الضبابية نستبدل بالمطلق الكامل أو التام. انظر: الفصل الثالث من هذا الكتاب.

لذا، لم يكن اهتمام المشتغلين بمنطق الضبابية منصبًّا على مشكلة التناقض؛ لأنهم لم ينظروا إلى اجتماع قيمتي الصدق والكذب للقضية نفسها، في آن واحد، على أنه تناقض، وإنما تركّز اهتمامهم على الظواهر المعقدة والغامضة بطبيعتها. كما أن اهتمامهم بالقيم اللانهائية لصدق القضايا هي محاولة للكشف عن النزعة الاختزالية والروح الاستبعادية السائدة التي تُمارَس بحجة رفع التناقض، وتأكيد إمكان انتماء العضو إلى أكثر من مجموعة ضبابية، في الوقت نفسه. وأمكن منطق الضبابية – نتيجة اهتمامه بمنطقة «المابين» أكثر من اهتمامه بالطرفين المتقابلين – أن يكشف عن الغنى اللامتناهي الذي ينطوي عليه هذا «المابين»، من دون أن يهمل هذين الطرفين، لكونهما تجسيدًا للمطلق النسبي من جهة، وتعبيرًا عن المنطق الثنائي القيم من جهة أخرى.

في ضوء ما سبق، فإنّ معيار اختيار بعض ميادين المعرفة، الفلسفية منها أو العلمية، في هذا الفصل، هو ما يرتبط تحديدًا بالضبابية وتعيُّناتها، بصورة خاصة؛ أي ما بدا أنه ينطوي على بواكير أو محاولات لتناول المشكلات المتعلقة بالضبابية أو طرحها، بدأت بها هذه الميادين، ثم شكلت موضع تركيز منطق الضبابية واهتمامه. فمن هذه الميادين ما جسدت الضبابية فيها رؤية فلسفية، نظرية وعملية – أي الفلسفة الشرقية – ومنها ما طرحت المشكلة المتعلقة بقيم الصدق – أي الإمكان في الفلسفة الأرسطية – ومنها ما مثّلت محاولات لحل هذه المشكلة، على المستوى المنطقي – أي المنطق المتعدِّد القيم – ومنها ما أدركت غموض الواقع وتعقيده – أي مبدأ اللايقين في الفيزياء الكوانتية والتعقيد الذي تهتمُّ به نظرية الكايوس. والهدف من هذا الانتقاء، هو تأكيد أن هذه المشكلات بقيت عالقة إلى أن جاء منطق الضبابية بحلٍّ أكثر ملاءمة، على المستويين المنطقي النظري والتطبيقي؛ أي بوصفه أداة تطبيق تقاني في العلوم الطبيعية، أو أداة منهجية وتحليلية في العلوم الإنسانية والاجتماعية.

مفهوم الضبابية متأصّل[2] في الثقافة الشرقية اليومية، القديمة والحديثة،

---

(2) مع أن ولادة منطق الضبابية كانت في أميركا، إلا أنه لم يلقَ استحسانًا، في بداية الأمر، في معظم الأوساط الأوروبية والأميركية؛ خلافًا لليابان التي بدأ معظم شركات الصناعة الإلكترونية فيها=

ابتداء من الطاوية (Taoism) عند لوتزه[3] وصولًا إلى الزن عند بوذا[4]. إنها ثقافة الجمع بين الأقطاب المختلفة التي لا يستبعد أحدها الآخر، ولا يحلُّ محلَّه، بل يجسد اجتماعها تكاملًا وتعاونًا، ويكون لكل منها قيمة في الوجود لا تقل عن قيمة الآخر ولا تختزله.

أما الثقافة اليونانية فلم تكن خالية من الملامح الضبابية. وعلى الرغم من الطابع الثنائي الذي طبع الفلسفة الأرسطية، خصوصًا المنطق، إلا أن أرسطو نفسه هو من أخرج مقولة الإمكان - بوصفها واحدة من مقولات الجهة الثلاث، الممكن والضروري والممتنع - من المبادئ التي وضعها. وبذلك، جسّدت درجاتُ الإمكان قيمَ الصدق الجزئية للقضايا.

في عشرينيات القرن الماضي، لاحظ المناطقة قصور مبادئ المنطق الصوري، خصوصًا مبدأ الثالث المرفوع، في الحكم على بعض القضايا، ومنها تلك التي تحيل على حالات مشكوك في صدقها أو كذبها، ما أدى إلى ولادة المنطق المتعدِّد القيم في مدرسة وارسو المنطقية على يد لوكاشيفتش[5] وغيره الذين أضافوا قيمة واحدة، في البداية، تتوسط قيمتي الصدق المحض والكذب المحض، ثم أضيفت قيم أخرى -رابعة وخامسة وسادسة - لنصبح أمام المنطق الرُّباعي أو الخماسي أو السُّداسي القيم. لكن، في نهاية المطاف، بقي بعض القيود

= بتطبيقه وتطويره. واليوم، أكثر الأجهزة الكهربائية المنزلية هناك تعمل وفقًا للتحكم الآلي المستند إلى منطق الضبابية.

(3) ثمة شكوكٌ في شأن حياة لوتزه، إلا أنه يُعتقد أنه عاش بين (551-479ق.م) فهو معاصر للحكيم الصيني كونفوشيوس. ويُنسب إليه كتاب *Tao-te-ching* بوصفه نصًا أساسًا في الفلسفة الطاوية. انظر: تد هوندرتش، تحرير، دليل أكسفورد للفلسفة، ترجمة نجيب الحصادي؛ تحرير الترجمة منصور محمد البابور ومحمد حسن أبو بكر؛ مراجعة اللغة عبد القادر الطلحي، 2 ج في 4 مج (بنغازي، ليبيا: المكتب الوطني للبحث والتطوير، 2005)، ج 2، ص 817.

(4) بوذا (563-؟ ق.م) وهو سيدهارتا غوتاما، أمير هندي أصبح زاهدًا، ولقِّب ببوذا؛ أي «الموقظ» أو «المستيقظ». انظر: المصدر نفسه، ج 1، ص 175-178.

(5) يان لوكاشيفِتش (Jan Lukasiewicz) (1878-1956): منطقي بولندي، من مؤسسي مدرسة وارسو المنطقية. جسدت محاولته ولادة المنطق الثُّلاثي القيم في عشرينيات القرن العشرين، من أهم أعماله المترجمة إلى العربية: نظرية القياس الأرسطية. انظر: المصدر نفسه، ج 2، ص 839.

مفروضًا على قيم الصدق وإن تعددت، وبقي بعض القيم مستبعَدًا وإن سُمِح لبعضها الآخر بالظهور.

أما في العلوم الفيزيائية فشكَّل غموض العالم الميكروي (-micro) وتعقيده واللايقين في معرفته بدقة، تحديًا للعلماء، ووضَعَ حدًا لليقين الذي تغنّت به الفيزياء الكلاسيكية. كما أوجدت مشكلة التنبؤ بالتغيرات اللاخطية في بعض الظواهر دافعًا لعلماء الفيزياء والرياضيات إلى استحداث نظريات لمعالجة هذا الغموض والتعقيد، بطرائق إحصائية تعتمد على الاحتمالات والمعادلات التفاضلية اللاخطية.

نستهل هذا الفصل بدراسة بعض العناصر الضبابية في الثقافة الشرقية.

أولًا: الفلسفة الشرقية

جسّدت الفلسفة الشرقية عمومًا طرائق مختلفة لخلاص الجنس البشري من معاناته. وفي هذه الطرائق بعضٌ من ملامح الضبابية. فالفلسفة الطاوية، طريقة في الحياة تستهدف وصول البشر إلى سعادة تكمن في الاتحاد مع «الطاو» (Tao)، ومعرفة ما ينطوي عليه من تناقض من دون أن يستبعد الشيء نقيضه، وإنَّما يتداخل معه تداخلًا عضويًا ويشكِّلان حالًا من التوازن والتكامل. أما الفلسفة البوذية (Buddhism)[6] فانطوت الحقائق الأربع فيها - بوصفها طريقة أخرى لنيل السعادة - على بعض ملامح الضبابية.

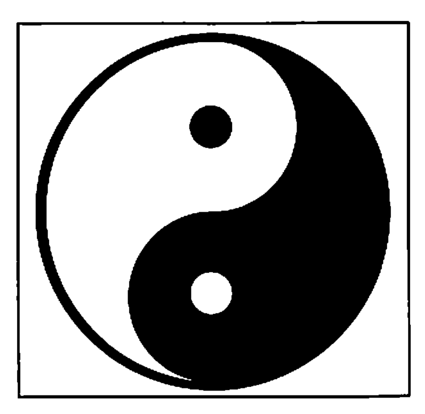
تتمحور الفلسفة الطاوية حول مفهوم الطاو؛ أي الطريق أو السبيل الذي يمثّل مصدر الوجود كله؛ فمنه ولدت الأشياء كلها، حيث «الواحد وُلد عن الطاو، الاثنان ولدا عن الواحد، وعن الاثنين ولدت الثلاثة، وعن الثلاثة توالدت العشرة

---

(6) وضع بوذا تعاليمه لتخليص الجنس البشري من معاناته في حقائق أربع تقود الإنسان، إذا ما اتبعها، إلى النيرفانا. وهذه الحقائق، الحياة معاناة، لهذه المعاناة أسبابها، معرفة الأسباب توقف المعاناة، ثمة سبيل يفضي إلى السعادة. انظر: المصدر نفسه، ج 1، ص 175-178. وما زال للبوذية أتباع في الشرق الأقصى، حتى يومنا هذا، وكتاب تعاليم بوذا من مقدسات كثيرين من اليابانيين. وقلّما تدخل فندقًا، أو تزور شركة في اليابان، إلا وتجد كتاب تعاليم بوذا موضوعًا في أدراج المكاتب.

آلاف شيء، والعشرة آلاف شيء تحمل الين وتعانق اليانج»[7]. فالطاو مبدع الكثرة ومتقدِّم عليها، هو الوجود المطلق الذي انبثق منه الواحد، ومن الواحد ولد الين واليانغ رمزا النقيضين، والثلاثة هي نماذج من التداخل العضوي بين الين واليانغ، يجسِّد كل منها واحدًا من تجليات الطاو، ويعكس معانيه، كما يعكس هذا التداخل تشابك الواقع وغموضه.

وفقًا لهذه الرؤية، يشمل الطاو كل شيء، لكنه أبعد ما يكون عن التحديد أو التعيين، بل هو اللاتعيين الذي لا يتَّسم بصفة محدَّدة بعينها، إنَّه «خاوٍ أو فارغ أو لا شكل له. ولكن هذا الفراغ لا يُؤخَذ بمعنى اللاشيء فقط. بل على العكس، إنَّه جوهر كل الأشياء ومصدر كل حياة»[8]. إنه فراغ مبدع ووجود مبدع، وفيه يكمن العدم والوجود في الوقت عينه.



يمكن أن نلمح هنا شكلًا من أشكال الضبابية، هو اجتماع النقيضين وتداخلهما، في الشيء الواحد وفي اللحظة ذاتها. فمع أن الوجود والعدم يجسِّدان قوتين كونيتين متناقضتين، إلا أنهما متجاذبتان وليستا متخارجتين. فقوة الوجود هي اليانغ، وقوة العدم هي الين. قوة الوجود تخرج من الوجود، وقوة العدم تشتاق إلى الوجود. كما ينطوي هذا المعنى للطاو على الروح اللااستبعادية التي طبعت الفلسفة الشرقية، والتي اتسم بها منطق الضبابية من بعدها. فليس ثمة استبعاد، معٍ أن أحدهما يمثل نقيض الآخر. ولئن كان الطاو ينطوي على الوجود والعدم، فإنّ اليانغ والين هما رمز التناقض وشعاره في الفلسفة الطاوية. رمز يتمثل في دائرة يتخللها منحنٍ

(7) لوتسو، الطريق إلى الفضيلة: نص صيني مقدس، ترجمة علاء الديب (القاهرة: الهيئة المصرية العامة للكتاب، 1998)، ص 49.

(8) فريتجوف كابرا، الطاوية والفيزياء الحديثة: استكشاف التماثلات بين الفيزياء الحديثة والصوفية الشرقية، ترجمة حنا عبود (دمشق: دار طلاس، 1999)، ص 194.

متعرِّج يُنصِّف الدائرة نصفين متكافئين، من دون أن يفصل بينهما، بل يبقيان متداخلين. «الجزء الأيمن المظلم يمثِّل الين، والجزء الأيسر المنير يمثل اليانج. في سويداء الين بقعة من اليانج، وفي سويداء اليانج نقطة من الين، مما يبيِّن أن كلًا منهما يحوي عنصرًا من الآخر»[9]. وإذا كان الين يرمز إلى الصفات السلبية، مثل الظلام والفراغ والعدم، إلا أنَّه ليس عدمًا مطلقًا ولا ظلامًا دامسًا، بل تنيره بقعة من اليانغ بوصفه رمز النور والامتلاء والوجود. كما أن اليانغ بدوره لا يجسِّد نورًا محضًا أو وجودًا مطلقًا، وإنَّما فيه جانب مظلم يشغله الين.

يمكن أن نفهم التواء منطقتي الين واليانغ على أنه تجسيد للمرونة بين المتناقضات، والبقعة التي يحملها كل منهما من نقيضه، تجسيد للاعتماد المتبادل لأحدهما على الآخر، ولعدم استغناء هذا عن ذاك. كما يعني أن للأشياء المتولِّدة من الين واليانغ بعضًا من صفات الاثنين معًا، الأمر الذي يجعل الفصل بينهما متعذرًا. فالتناقض من وجهة نظر الطاوية، كامن في الواقع ذاته وفي قلب الين واليانغ.

تشترك البوذية مع الطاوية في رؤيتها للتناقض بوصفه من طبيعة الواقع وصلبه. وهذا ما يجعل استبعاد أحد النقيضين للآخر غير ممكن هنا أيضًا، بل إن «الخطوة الأولى في نظام حياة بوذا كانت اختراق ما اصطلح على تسميته عالم الأسود والأبيض، وتمزيق حجاب القسمة الثنائية، والنظر إلى العالم كما هو قائم في ذاته، فالعالم مليء «بالمتناقضات» [....] مليء بـ (أ) و(لا أ)»[10]. والبوذي الذي يرى المتناقضات في العالم متداخلة ومتكاملة، يعتقد أن حكمة الزن تقتضي تجنب الإجابة عن أسئلة ذات طبيعة ثنائية، والتزام الصمت خشية الوقوع في الاختيار القسري بين إجابتين لا ثالث لهما[11]. وفي تجنب الإجابة رفض لتضييق

(9) ليندا جين شيفرد، أنثوية العلم: العلم من منظور الفلسفة النسوية، ترجمة يمنى طريف الخولي، عالم المعرفة؛ 306 (الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، 2004)، ص 33.

(10) Bart Kosko, *Fuzzy Thinking: The New Science of Fuzzy Logic* (London: Flamingo, 1994), p. 6.

(11) انظر: جون كولر، الفكر الشرقي القديم، ترجمة كامل يوسف حسين؛ مراجعة إمام عبد الفتاح إمام، عالم المعرفة؛ 199 (الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، 1995)، =

الاختيارات المتضمَّنة في مثل هذه الأسئلة، ورغبة في التعدد المتضمَّن في الأسئلة المفتوحة، ودعوة إلى رؤية العالم كما هو في تناقضه. إنها طريقة في العيش مع المتناقضات وفيها، تُمكِّن البوذي من الدخول في علاقة مع العالم تشاركية مباشرة وحيَّة، ومن بلوغ الحكمة التي يطمح إليها أيضًا.

يمكن النظر إلى التوازن الذي يعيشه النقيضان باعتباره تكريسًا للتعاون والتكامل بدلًا من الصراع والتنافر، وتأكيد التداخل والاتصال بدلًا من التخارج والانفصال، وتعزيز الاحتواء والتقبُّل بدلًا من التجاهل أو الإقصاء. وهذا ما تشترك فيه البوذية والطاوية ومن بعدهما منطق الضبابية. ويمثِّل الحيز الذي تشغله هذه المتناقضات المتداخلة الغموض في هذا العالم. الأمر الذي يؤكد أن البوذية والطاوية تعاملتا مع الغموض على أنه ظاهرة واقعية.

من أجل توضيح تجليات هذا الغموض في الطاوية لا بدَّ من إلقاء المزيد من الضوء على الخصائص التي يتَّصف بها الين واليانغ، ومن ثم على كيفية توالد جميع الأشياء منهما. فالين، ورمزه خطان متقطعان متجاوران (— —)، ينطوي على معانٍ سلبية، مثل الاستسلام والتلقي أو الانفعال والاسترخاء والخضوع والظلام والأنوثة. وتمثِّله الأرض. أما اليانغ - نقيض الين - ورمزه خط متَّصل (—) فينطوي على معانٍ إيجابية، مثل القوة والفاعلية والتركيز والبناء والنور والرجولة، وتجسِّده السماء[12].

يتجلى هذان النقيضان عبر اجتماعهما في وحدة عضوية تخلق الأشياء وتولِّدها. «وتمثل الثلاثيات والسداسيات في كتاب آي شينغ نماذج الطاو التي تتولَّد من التداخل الديناميكي للين واليانغ، وتنعكس في كلِّ الأوضاع الكونية والبشرية. لذلك، فإن هذه الأوضاع لا يُنظَر إليها بجمودها، بل باعتبارها مراحل

= ص 290-291 و301؛ هرلي جليزنر كريل، الفكر الصيني: من كنفوشيوس إلى ماوتسي تونج، ترجمة عبد الحميد سليم؛ مراجعة علي أدهم (القاهرة: الهيئة العامة المصرية للكتاب، 1998)، ص 241-242 و245، وكابرا، ص 42 و50.

(12) انظر: شيفرد، ص 34.

في التدفق والتغير المستمرين»[13]. وتشير الثلاثيات والسداسيات إلى الطريقة التي يتشكَّل فيها الين واليانغ، ويتداخلان تداخلًا منسجمًا، يكون لكلٍّ تشكيل منها معنى ودلالة في الفكر الشرقي. فللرمز (☰)، المؤلَّف من الين فحسب، دلالة على التلقي؛ وإذا تداخل الين مع اليانغ على النحو(☰)، وأصبحا مزيجًا واحدًا، يكون معناه التمسُّك. لكن اجتماع التلقي مع التمسك، يعطي معنى التقدم[14].

العارف باللغات الصينية واليابانية يدرك أهمية هذه الرموز في الحضارة الشرقية القديمة والحديثة، التي مكَّنت مفكري الشرق من الحفاظ على لغاتهم وتطوير قواعد لكتابتها، فاستطاعت هذه الرموز تجسيد ماضي الشرق وحاضره. كما أن استمرار هذه الطريقة الرمزية في تلك اللغات هو تجسيد لنمط الثقافة الشرقية الأصيلة بوصفها ثقافة احتفظت بالمتناقضات كلها وأقامت بينها توازنًا وتكاملًا وانسجامًا. واستخدمت اليابان تقنيات منطق الضبابية في التعرف إلى معاني الكلمات وطرائق كتابتها[15]، بعد أن استخدمت هذا المنطق في تكنولوجيا التحكم. فالمتناقضات، وفقًا للرؤية الطاوية والبوذية ورؤية منطق الضبابية أيضًا، لا تشطر العالم شطرين منفصلين، بل تشدِّد على التداخل بين الحالات المتناقضة أو المتعارضة، الأمر الذي يؤكد أن الواقع غامض، ويجعل تجاهل أي جانب منه، اختزالًا غير مقبول عند أنصار الطاوية والبوذية، ومن بعدهما أنصار منطق الضبابية.

علاوة على أن الطاو يمثّل مصدرًا للوجود المبدع، هو مصدر الحركة أيضًا

---

(13) انظر: كابرا، ص 255.

(14) انظر: المصدر نفسه، ص 255.

(15) لتعقيد طريقة كتابة اللغة اليابانية دور في اهتمام اليابان بتطبيق منطق الضبابية في التعرف إلى معاني الكلمات من خلال كتابتها. فاللغة اليابانية تُكتَب بثلاث طرائق: الأولى، الهيراغانا، لمفردات ذات منشأ ياباني. ولها ستة وأربعون حرفًا. والثانية، الكاتاكانا، لمفردات دخيلة على اللغة اليابانية. ولها ستة وأربعون حرفًا أيضًا. وما يميِّز الطريقة الأولى من الثانية هو أن معظم أحرف الهيراغانا انحناءات، في حين أن معظم أحرف الكاتاكانا زوايا متكسِّرة. وأما الثالثة، الكانجي، فتشبه، إلى حدٍّ ما، اللغة الصينية كتابة، وتختلف عنها في المعنى. ليس لها عدد محدود، وإنما لكل مقطع منها معنى، وطريقة خاصة في الكتابة تساعد في معرفة معناه، بصورة دقيقة. والعارف باللغة اليابانية والمطَّلع على المطبوعات فيها يجد أنها لا تكاد تخلو من مزيج من الطرائق الثلاث في الكتابة، لكن عادة تُستخدَم أحرف الهيراغانا والكاتاكانا في كتب الأطفال والكتب التعليمية للمبتدئين.

التي يمثلها «"تِّي Te"، أي الفضيلة أو القوة [التي] تكمن في الطاو؛ أي القانون الطبيعي»[16]. وهي حركة دورانية أبدية أزلية، يتناوب فيها النقيضان بين الاكتمال النسبي للوجود وانحلاله النسبي أيضًا؛ حركة تشمل الحياة بأسرها ومظاهرها المتباينة. وتتسبب هذه الحركة بتفكيك بعض عناصر الكون، على الدوام، وإيجاد عناصر جديدة، مرة تلو مرة. إذ ثمة حركة دائمة بين الين واليانغ، بلا بداية ولا نهاية، فـ «عندما يصل اليانج إلى لحظته الختامية، يتجلى الين حينئذ، وحينما يكتمل الين يبدأ اليانج مجددًا»[17]. إنَّه عَوْد سرمدي إلى لحظة البداية النهاية. والدائرة الممثّلة للين واليانغ بدورها، في حالة حركة لولبية مستمرة حول ذاتها. وفي هذا الدوران، ينمو ويتسع الحيز الذي تشغله كل بقعة داخل نقيضها. إذ تنمو بذرة الين إلى أن تشغل الحيز الأكبر من اليانغ، وتكبر بذرة اليانغ إلى أن تضيء ظلام الين. ويترافق مع هذه الصيرورة حركة الكل الدائري، ليصبح الأيسر أيمنَ والأيمن أيسرَ، والظلام نورًا والنور ظلامًا، ويتحول الوجود إلى عدم والعدم إلى وجود ... وهكذا، تتناوب المتناقضات وتتعاقب تعاقب الليل والنهار والفصول الأربعة والحياة والموت إلى ما لانهاية. فالدوران أشبه بحركة الدوامة؛ أي دوران وتقدُّم معًا.

لو تأملنا هذه الحركة لتبيَّن أنها تنطوي على ملمح آخر من ملامح الضبابية. فالانتقال من البداية إلى النهاية – حيث تنهي الدائرة دورة كاملة حول نفسها – هو انتقال انسيابي سلس يشبه انتقال قيم الانتماء إلى المجموعة الضبابية، من الانتماء الكامل إلى اللاانتماء الكامل وبالعكس. ومع أن للين صفات السلب والانفعال، ولليانغ صفات الإيجاب والفعل، فكلاهما فاعلٌ ومنفعل في الحركة الأبدية. وتكشف الطبيعة والحياة الاجتماعية والإنسان ذاته عن هذه الحركة[18].

---

(16) لوتسو، ص 5.

(17) شيفرد، ص 33، وانظر في المعنى ذاته: كابرا، ص 105.

(18) انظر: كريل، ص 215. يؤكد الباحث أيضًا، أنه في الطبيعة، تعتمد النباتات والأشجار (الين) في ضوء الشمس (اليانغ)؛ والمعادن – رمز الصلابة والقساوة والثقل (اليانغ) – يغمرها الماء – رمز المرونة والليونة والخفة (الين) – إذا ما أحاط بها؛ والنار – رمز الثورة والعنفوان (اليانغ) – تحيل الخشب – رمز الجفاف والجمود (الين) – إلى رماد.

فعلى صعيد الحياة الاجتماعية، يتحقق التوازن في الأسرة من خلال تعاون الأب (اليانغ) والأم (الين) معًا؛ أي من خلال شدة الأب دون الخشونة، وحنان الأم دون الليونة[19]. أما على صعيد الإنسان ذاته فنُظِرَ إلى المعرفة الحدسية الصوفية على أنها تكمل المعرفة العقلية الحسية وتوازيها من حيث الأهمية، وتكمل الآراء المتعارضة والمتناقضة بعضها بعضًا، وتزيد الفكر البشري غنى وثراء، وليس ثمة تناقض في أن يتبنَّى أحدهم الكونفوشيوسية والبوذية والطاوية في آنٍ معًا، فكل واحد منها يغطي جانبًا من جوانب الحياة ويثريه، ولا يمتلك أيًا منها الحقيقة المطلقة[20].

من الواضح أن هذه الرؤية المتمثلة في التداخل العضوي بين المتناقضات هي تأكيد لأهمية مكونات الوجود كلها، ودور كل منها في الواقع؛ ولأهمية جميع ميادين المعرفة، وضرورة كل منها للإنسان؛ ولقيمة كلٍّ فرد في الحياة وأهميته في إنجاحها وتقدمها. ومن هنا، يتَّضح بصورة جلية أن الطاوية بما جسَّدته من ثقافة طبعت الفكر الشرقي القديم والحديث تنطوي على الكثير من الملامح الضبابية، لكونها أكدت أن الجمع بين الجوانب المختلفة، المتناقضة أو غير المتناقضة، لا ينجم عنه تنافر أو تعارض، ولا يقتضي استبعادًا، بل اتفاقًا واتحادًا، ليتحقق التوازن والتعاون والتكامل. وتجسِّد لحظة التكافؤ بين النقيضين أشد مستويات الضبابية عندما يتساوى فيها الين واليانغ.

إذا كان النقيضان تجسيدًا لقيمتي الصفر والواحد، في المنطق الثُّنائي القيم، ويمثلان الحالات الأكثر تطرفًا في العالم، والأشد انفصالًا بعضهما عن بعض، حيث أدخل الفكر الطاوي في كل شيء بعضًا من نقيضه ليخفف من تطرفه ويقرّبه من القطب الآخر، ما يجعل انفصالهما ضعيفًا أو شبه معدوم. وهي رؤية تدرك أن ظواهر الواقع غامضة ومتداخلة بطبيعتها؛ الأمر الذي يتطلب من الفكر أن يدركها على هذا النحو، وألا يعزل بينها ويقطِّع أوصالها. وهذا الغموض هو ما شكّل موضوعًا لمنطق الضبابية.

---

(19) انظر: هـ. فان براغ، حكمة الصين، ترجمة موفق المشنوق (دمشق: الأهالي للطباعة والنشر والتوزيع، 1998)، ص 62.

(20) انظر: كابرا، ص 31-32، 112، 137 و149؛ كولر، ص 314، وشيفرد، ص 167.

تشترك البوذية أيضًا هنا مع الطاوية في رؤيتها الحركة الدورية والتغير المستمر الذي يحكم الواقع من خلال ما تسميه «نظرية النشوء التابع أو المعتمد على غيره»[21]. وتمثل هذه النظرية نقدًا لمبدأ الهوية والثبات؛ أي رفضًا لوجود ماهية ثابتة. فالواقع يتغيَّر ويصير. فليس من بقاء دائم، وإنما هناك زوال وفناء، وليس من وحدة شاملة كلية، بل هناك أجزاء تنطوي على خصوصية، يكون الاختلاف فيها أكثر أهمية من التماثل، وليس من هوية ثابتة وجوهرية تطرأ عليها تغيرات عَرَضية، بل هناك نشوء مستمر للعناصر وولادة متجددة لها. فعناصر الواقع وظواهره تمضي في حركة دورانية سرمدية. كلٌ موجود فيه تابع لغيره ومتبوع بغيره، أو معلول لما قبله وعلّة لما بعده. إنها مسيرة من الخلق والفناء تشمل العالم بأسره. ويجسد التحرُّر من «الحقائق المطلقة» المتمثلة في مبدأ الهوية، ملمحًا آخر من ملامح الضبابية.

نستخلص مما سبق، أن الضبابية تجلَّت بصور مختلفة في الطاوية والبوذية. ولعل أهم هذه الصور، أو أشدَّها قربًا من معنى الضبابية، هي اجتماع القطبين المتقابلين، في الوقت عينه، من دون أن يستبعد أحدهما الآخر. وهذا الاستبعاد الذي يجسده مبدأ الثالث المرفوع في أقوى صوره، هو ما يحاول المشتغلون بمنطق الضبابية الكشف عنه وتجنبه.

تلكم بعض الملامح الضبابية في الفكر الشرقي القديم. وفي وسعنا الوقوف أيضًا على بعض العناصر الضبابية في مقولة الإمكان في المنطق الأرسطي.

ثانيًا: الإمكان الأرسطي وبعض العناصر الضبابية

لعلَّ ما يميِّز المنطق الأرسطي أنه أول تنظير للمنطق بوصفه بحثًا في صور الفكر، أو في التصورات الذهنية، بصرف النظر عن مضامينها؛ أي بصرف النظر عن الوجود الواقعي المقابل لها. لذلك سُمِّي منطقًا صوريًا. فمعيار الصدق في القضايا المنطقية، أو معيار الصحة في الاستدلال هو مدى اتساق الفكر مع ذاته وخلوّه من التناقض الداخلي، وليس مدى مطابقته الواقع[22]. وهذا ما يؤكده أرسطو

---

(21) كولر، ص 215.

(22) للحقيقة عند أرسطو معيار ذو فرعين: أولهما اتساق الفكر مع نفسه، وهذا ما يبحثه المنطق؛ =

بقوله: «فالكذب والصدق ليسا هما في الأشياء [...] بل هما في الفكرة»[23]. ومع أن أرسطو جعل من القياس المنطقي أداة برهانية، إلا أن الهدف من البرهان في المنطق عنده، هو السيطرة على العقل، لا السيطرة على الواقع[24].

بهذا، يختلف[25] المنطق الأرسطي عن منطق الضبابية. فالأول منطق صوريّ محض، يهتم بصدق القضايا وكذبها، أو بصحة الاستدلال وفساده، من زاوية صورية منطقية أو من زاوية مدى اتساق المقدمات مع النتائج، ولزوم النتائج عن المقدمات. وفي المقابل، يهتم منطق الضبابية، بصورة أساس، بمعالجة البيانات الممثِّلة للظواهر الغامضة والمعقدة، أو أنه يحاكي تلك الظواهر عبر برامج الذكاء الصُّنعي التي تُغذَّى بها الآلة. وتعني المحاكاة هنا محاولة لبناء نماذج مُستمَدَّة من تلك الظواهر، حيث تكون قادرة على محاكاة سلوكها بقدر كبير. وبالتالي، يساعد هذا المنطق في فهم سلوك هذه الظواهر، بقدر أكبر، واتخاذ التدابير اللازمة والأكثر ملاءمة للتعامل معها.

السؤال: إذا كان الاختلاف بين هذين المنطقين على هذا النحو، فهل ثمة ملامح ضبابية يمكن العثور عليها في المنطق الأرسطي؟ والجواب نجده في منطق الجهة، خصوصًا في مقولة الإمكان. فالإمكان، عند أرسطو، إحدى مقولات الجهة الثلاث، الضروري والممتنع والممكن. وتستمدُّ هذه المقولة معناها من وحدة الميتافيزيقا والمنطق. ويبيِّن ابن رشد ذلك في تلخيصه منطق أرسطو: «قد يظهر أنه يصدق على الشيء بعينه أن يُقالَ فيه إنه يمكن أن يوجد ويمكن ألا يوجد. ومثال ذلك أن [...] ما هو ممكن أن يمشي فهو ممكن ألا يمشي، وذلك أن الممكن هو

= وثانيهما، تطابق الفكر مع الواقع، وهذا ما تبحثه الفيزيقا أو الميتافيزيقا. فميدان المنطق هو بحثٌ في التصورات الفكرية، والكشف عن صحة الاستدلال أو فساده، انطلاقًا من افتراض صدق المقدمات المنطقية التي يضعها الفيلسوف أو المنطقي، أو كذبها.

(23) أرسطو، ما وراء الطبيعة: تفسير ابن رشد، ترجمة إسحق بن حنين، مراجعة وتدقيق هيثم إدريس، ج 2 (دمشق: دار إدريس للطباعة والنشر، 2007)، ص 182.

(24) انظر: زكي نجيب محمود، المنطق الوضعي، الجزء الثاني: في فلسفة العلوم، ط 5 (القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية، 1980)، ص 166.

(25) يختلف أيضًا عن المنهج التجريبي أو منهج العلوم الطبيعية المستند إلى الاستقراء. وهذا المنهج ولد في العصور الحديثة، على يد فرانسيس بيكون وخلفائه، ومثَّل نقدًا للمنطق الأرسطي الصوري.

ما ليس بضروري الوجود، ولذلك قد يمكن فيه أن يوجد وألا يوجد [...] وسلب قولنا في الشيء أنه «يمكن أن يوجد» قولنا «ليس يمكن أن يوجد»»[26]. وبهذا المعنى، الممكن هو «ما ليس واجبًا أن يوجد»؛ أي ليس وجوده في المستقبل ضروريًّا، مثل كسوف القمر، وما لا يلزم عن افتراض وجوده شيء ممتنع. وبما أن سلب ضرورة الوجود يصدق على الممتنع أيضًا، فُصِل الممكن عن جنس الممتنع بخاصية افتراض وجود هذا الممكن. وكذلك، فالمقدمات الممكنة الموجبة تلزم السالبة الممكنة؛ أي يلزم عن القول: ممكن أن يكون، القول: ممكن ألا يكون، والمقدمات الممكنة السالبة تلزم الموجبة الممكنة[27].

لهذا، يقتسم الممكن عند أرسطو الوجود واللاوجود، في الميتافيزيقا، وينطوي على قيمتي الصدق والكذب معًا، في المنطق. ومن شأن اجتماع النقيضين أن يشكل خرقًا لمبادئ الفكر والوجود - مبدأ الهوية ومبدأ عدم التناقض ومبدأ الثالث المرفوع - التي بنى أرسطو نسقه الفلسفي بالاستناد إليها. ويتمثل هذا الخرق في أن المتناقضات لا تشطر الوجود أو الفكر شطرين متقابلين ومتخارجين، أحدهما صادق ومنفصل عن الآخر الكاذب، انفصالًا حادًا، وإنما ربما يجتمعان معًا.

يتجلى الإمكان بصور متعددة، منها القابلية والاستعداد، مثل الأشياء المنفعلة التي تحمل بطبعها إمكان الانفعال بالفعل ومقابله على السواء، مثل إمكان أن يتمزَّق الثوب قبل أن يُبلى، وهذا لجهة الفاعل، وإمكان ألا يتمزَّق بل يبلى، وهذا لجهة القابلية للبلى[28]. ومنها التردد واللايقين، عند تساوي الأحكام أمام العقل. فالإمكان، هو إمكان الوجود وإمكان اللاوجود بالقوة، من جهة التحقق أو الوجود، وهو إمكان الصدق وإمكان الكذب، من جهة المعرفة. وهذا يشكِّل صورة من صور التفكير الضبابي. ونظرًا إلى ارتباط مقولة الإمكان بالقضايا المستقبلية، في

---

(26) أبو الوليد محمد بن أحمد بن رشد، تلخيص منطق أرسطو، دراسة وتحقيق جيرار جهامي، سلسلة علم المنطق، 7 مج (بيروت: دار الفكر اللبناني، 1992)، مج 3: كتاب باري أرميناس أو كتاب العبارة، ص 118.

(27) انظر: المصدر نفسه، مج 4: كتاب أنالوطيقي الأول أو كتاب القياس، ص 187-188.

(28) انظر: المصدر نفسه، مج 3: كتاب باري أرميناس أو كتاب العبارة، ص 98.

فلسفة أرسطو، ولأن تعيُّنها في الواقع لم يحدث بعد، فإن صدق هذه القضايا أو كذبها لن يتحدد بدقة إلا بعد وقوعها، والحكم السابق على حدوثها، هو حكم احتمالي لايقيني. ويؤكد لوكاشيفتش أن الإمكان احتمال مزدوج؛ لأنه احتمال ربما يكون، وربما لا يكون، محققًا. ويعبِّر عن ذلك بالصيغة «من الممكن أن تكون القضية ق» - إذا كان وإذا كان فحسب - يُحتَمَل أن تكون القضية ق، ويُحتَمَل أن تكون ليس القضية ق[29]. وهذا المعنى للإمكان ينطوي على تخمين وتردد ينشآن من ضبابية لحظة الحكم. فالإمكان إذًا، ليس موجودًا، وليس ممتنعَ الوجود، وإنما يتوسط هذا وذاك.

لو قارنا بين هذا الوسط - الذي كثيرًا ما استبعد، في المنطق الثُّنائي القيم - وقيم الصدق الضبابي، لوجدنا أنه جرى توسيع هذا الوسط والاهتمام به لاحقًا ليشمل قيمًا متعددة للصدق، في المنطق المتعدِّد القيم، ثم قيمًا غير نهائية، في منطق الضبابية. لكن ارتباط الإمكان بالقضايا المستقبلية، يعني أن اللايقين فيه ليس من طبيعة هذه القضايا، وإنما ناجم عن نقص المعرفة بها. وهذا أحد أشكال اللايقين الذي يهتمُّ به منطق الضبابية.

شغل أرسطو نفسَه بإشكالية تحديد قيم الصدق للقضايا المستقبلية. فحاول تقدير هذه القيم استنادًا إلى قيم صدق الوجود واللاوجود، حيث لا يخرج عن المبادئ التي وضعها، لكنه لم يُحرِز نجاحًا كبيرًا، وبقيت المشكلة معلقة. فالممكن، هو «الممكن أن يوجد»، ومكافئ لما «ليس ممتنعًا أن يوجد»، ومكافئ لما «ليس واجبًا أن يوجد». فهو سلب لامتناع الوجود، وسلب لضرورته؛ أي إن الوجود قائم وقابع في حيز الإمكان، لكننا لا نعلم درجة إمكانه، إذ ربما يتساوى حظُّه في الوجود مع حظِّه في اللاوجود، وربما يتخطى أحدهما الآخر[30]. ووجد المنطق المتعدِّد القيم، حلًا محدودًا لهذا النوع من القضايا بإضافة قيم صدق ثالثة

---

(29) انظر: يان لوكاشيفتش، نظرية القياس الأرسطية من وجهة نظر المنطق الصوري الحديث، ترجمة وتقديم عبد الحميد صبره (الإسكندرية، مصر: دار المعارف، 1961)، ص 218.

(30) انظر: إسماعيل عبد العزيز، نظرية الموجهات المنطقية: دراسة تحليلية في منطق الجهة (القاهرة: دار الثقافة للنشر والتوزيع، 1993)، ص 10-11.

ورابعة وخامسة، لكن الحلَّ الذي قدَّمه منطق الضبابية أكثر تعبيرًا عن الحالات المتاخمة المقابلة لتلك القضايا. ولما كان التقسيم الأرسطي للقضايا قد استند إلى مقولات الجهة، فما يهم البحث هنا هو النظر في الحكم على القضايا المتقابلة عندما يدخل الإمكان عليها؛ أي النظر في إمكان صدقها أو كذبها. فالقضيتان المتضادتان «تكذبان معًا في الممكنة. وليس يمكن فيها أن تصدقا معًا، بل متى صدقت إحداهما، كذبت الأخرى. وأما تحت المتضادة [....] فتصدقان معًا في الممكنة، ومتى كذبت إحداهما صدقت الأخرى ضرورة»[31]. فإذا كانت القضية «من الممكن أن يحضر جميع العاملين» كاذبة - أي نفي إمكان الوجود - فالقضية المتضادة معها «ليس من الممكن أن يحضر ولا عامل»، يمكن أن تكون صادقة - أي إثبات إمكان اللاوجود - ويمكن أن تكون كاذبة أيضًا - أي نفي إمكان اللاوجود. أما إذا كانت القضية الأولى صادقة - أي إثبات إمكان الوجود - فالقضية المتضادة معها كاذبة بالضرورة - أي نفي إمكان اللاوجود - والعكس أيضًا صحيح. أما إن كانت القضية «من الممكن أن يحضر بعض العمال» صادقة، فالقضية «ليس من الممكن أن يحضر بعض العمال» يمكن أن تكون صادقة، ويمكن أن تكون كاذبة أيضًا. لكن إذا كانت إحداهما كاذبة فالثانية صادقة بالضرورة.

اجتماع الكذب في الممكنتين المتضادتين، واجتماع الصدق في الممكنتين تحت المتضادتين، أمر ممكن؛ أي إن إمكان عدم تحقق المتضادتين معًا، قائم ولا يستبعد غيابُ إحداهما غيابَ الأخرى، وإمكان تحقق تحت المتضادتين معًا، قائم أيضًا، ولا يستبعد تحقق إحداهما تحققَ الأخرى.

غير أن إمكان التحقق هذا ليس على الدرجة نفسها، بمعنى أن درجة إمكان تحقق إحدى القضيتين ربما تتساوى، وربما لا تتساوى مع درجة إمكان تحقق الأخرى، كما هو الحال عليه في درجة إمكان عدم التحقق. ذلك أن الإمكان يقال على درجات، من حيث التحقق، وتمثلها الأصناف الثلاثة للقضية الممكنة، وهي «إما ممكنة على التساوي وهي التي لا يكون فيها وجود الشيء أحرى من عدمه، ولاعدمه أحرى

---

(31) أبو الوليد محمد بن أحمد بن رشد، تلخيص كتاب أرسطوطاليس في العبارة، تحقيق وتعليق محمد سليم سالم (القاهرة: وزارة الثقافة، 1978)، ص 63.

من وجوده. وإما ممكنة على الأكثر وهي التي يكون فيها أحد المتقابلين أحرى من الثاني بالوجود، ويكون حدوث الثاني على الأقل. وفي هذا الجنس يوجد النوعان جميعًا من الممكن، أعني الذي على الأكثر، والذي على الأقل»[32]. فدرجات الممكن ثلاث: «على الأكثر» و«على الأقل» و«على التساوي». الأولى والثانية تسمحان بترجيح تحقق إحدى القضيتين على الأخرى، والقضية المرجحة هي التي تكون أقرب إلى الوجود منها إلى اللاوجود الذي يقترب منه تحقق الأخرى. أما الثالثة؛ أي «على التساوي»، فلا يمكن فيها ترجيح أيٍّ القضيتين أقرب إلى الوجود أو اللاوجود، بل يتساوى فيهما احتمال التحقق مع عدمه.

لو نظرنا إلى هذه الدرجات من وجهة نظر منطق الضبابية، لوجدنا أنها تمثل قيم الصدق المنطقي الواقعة بين الواحد والصفر، أي بين الصدق التام والكذب التام. فالدرجة «على الأكثر» يمكن أن تقابل إحدى القيمتين [0,7] أو [0,8] وهذه ليست صادقة بالمطلق - المقابلة للدرجة [1] - لكنها أقرب إلى الصدق منها إلى الكذب. أما الدرجة «على الأقل» فيمكن أن تقابل إحدى القيمتين [0,2] أو [0,3] وهذه أيضًا ليست كاذبة بالمطلق - المقابلة للدرجة [0] - لكنها أقرب إلى الكذب منها إلى الصدق. فلو كانت قيمة صدق إحدى القضيتين [0,7] وقيمة صدق الثانية [0,3]، فكلتاهما ممكنة التحقق وعدمه. لكن احتمال تحقق الأولى أقوى من احتمال تحقق الثانية. وأما الدرجة «على التساوي» فتقابل القيمة [0,5] وهي الدرجة الأشد ضبابية؛ نظرًا إلى عدم إمكان ترجيح أي قضية على الأخرى. ويستخدم منطق الضبابية درجات الإمكان اللغوية، مثل «كثيرًا جدًا» و«إلى حدٍّ ما» و«باعتدال» ... ليميز بين الأقل والأكثر، وفقًا لقيم الانتماء إلى المجموعات الضبابية الفرعية الممثلة للظواهر الغامضة والمعقدة.

لا تقتصر درجات الإمكان على مستوى تحقق القضية، بل هناك أيضًا درجات ثلاث للعلاقة التي تربط الموضوع بالمحمول؛ أي درجة إمكان الحمل على الموضوع، أو درجة وثاقة ارتباط المحمول بالموضوع. والحمل نوعان: جوهري وعَرَضي. «الحمل العَرَضي يكون أعم ومساويًا وأخص [...] الأعمّ

(32) المصدر نفسه، ص 89.

كقولنا للزنجي أسود، فإنَّ الأسود أعمُّ من الزنجي، [و] المساوي كقولنا للإنسان ضحاك، والضحك لا يكون في غير الإنسان، [وأما] الأخص فكقولنا في بعض الناس فقهاء [...] فإن هذه الصفات لا توجد في كل إنسان، لكن في بعضهم، ولا توجد في غير إنسان»[33]. فللحمل الممكن ثلاث درجات: أولاها، الحمل الممكن «الأعم»، وهو صفة عامة عَرَضية لا تدلُّ على وثاقة ارتباط المحمول بالموضوع؛ لأن السواد أو البياض من الكيفيات التي يمكن أن تُحمَل على الإنسان وعلى غيره. وثانيتها، الحمل الممكن «الأخص»، وهو حمل ليس ضروريًا للموضوع، لكنه لازم لماهيته ويدلُّ على وثاقة ارتباط المحمول بالموضوع بسبب خصوصية هذا الحمل، مثل الكتابة أو الطب أو الفقه. وثالثتها، الحمل الممكن «على التساوي»، وهو من خواص الماهية لكنه ليس مقوِّمًا لها، أو ليس صفة جوهرية للموضوع. فكل إنسان ضاحك، ما يعني وجود تفاوت في إمكان حمل صفة ما على الموضوع، أو تزايد مطرد في متانة ارتباط المحمول بالموضوع، من «الأعم» إلى «الأخص» مرورًا «بالتساوي».

لكن هذا التفاوت في متانة ارتباط المحمول بالموضوع لا ينفصل عن العلاقة بين الإمكان من جانب، والسلب والضرورة من جانب آخر؛ أي عن درجة اقتراب الممكن من الوجود أو اللاوجود. ففي الممكنة العامة يُحكَم «بسلب الضرورة المطلقة عن الجانب المخالف للحكم، فإن كان الحكم في القضية بالإيجاب، كان مفهوم الإمكان سلْب ضرورة السَّلْب، وإن كان الحكم في القضية بالسَّلْب، كان مفهومه سلب ضرورة الإيجاب. [... أما] الممكنة الخاصَّة [... فيُحكَم] فيها بسلب الضرورة المطلقة عن جانبي الإيجاب والسَّلْب»[34]. فالسَّلْب في الممكنة العامة هو سلب ضرورة واحدة عن أحد جانبي الوجود واللاوجود، والجانب المسلوب هو المخالف للحكم. أما في الممكنة الخاصة، فالسَّلْب فيها هو سلب

---

(33) أبو محمد علي بن أحمد بن حزم، التقريب لحد المنطق والمدخل إليه بالألفاظ العامية والأمثلة الفقهية ويليه محك النظر في المنطق، تحقيق أحمد فريد المزيدي (بيروت: دار الكتب العلمية، [2003])، ص 43.

(34) جميل صليبا، المعجم الفلسفي بالألفاظ العربية والفرنسية والإنكليزية واللاتينية، 2 ج (بيروت: دار الكتاب اللبناني، 1982)، ص 425-426.

ضرورتين؛ أي سلب ضرورة السَّلْب وسلب ضرورة الإيجاب. وبالتالي، يقترب الممكن من الوجود لمصلحة نأيه عن اللاوجود، في الممكنة العامة، وتكون علاقة المحمول بالموضوع أكثرَ عمومية وأقل وثاقة. في حين يبتعد الممكن، في الممكنة الخاصَّة، عن الوجود لمصلحة اقترابه من اللاوجود، وتصبح علاقة الموضوع بالمحمول أكثرَ خصوصية وأشدَّ وثاقة.

بناء عليه، تراوح درجات الحكم على وثاقة ارتباط الموضوع بالمحمول بين الاتصال الضعيف والاتصال الوثيق؛ أي بين الأقل سلبًا للضرورة والأشد سلبًا لها. ووفقًا لمنطق الضبابية، تراوح درجات الحكم على اقتراب الإمكان من الصدق التام أو ابتعاده عنه بين قيمتين، الأكبر من الصفر والأصغر من الواحد؛ أو بين الكذب التام والصدق التام. ويزداد هذا التأرجح في الدرجات ضبابية كلما اقترب الحمل الممكن من الدرجة «على التساوي»، ويزداد معه اللايقين في الحكم. وفي المقابل، تقلُّ الضبابية بابتعاد الحمل الممكن عن هذه الدرجة فيزداد معه اليقين، سواء في التحقق أم عدمه.

من البيّن أن مقولة «الإمكان» الأرسطية واحدة من الملامح الرئيسة التي أسست الخروج عن المبادئ الصارمة للمنطق التقليدي، وفتحت الباب على إمكانات غنية للمنطق بصورة خاصة، وللفكر بصورة عامة. فكانت من بين العوامل التي ساعدت المناطقة المعاصرين في اختراق الحيز الفاصل بين الصدق المحض والكذب المحض، فولد ما يسمى المنطق المتعدِّد القيم.

ثالثًا: المنطق المتعدِّد القيم

1- من المنطق الثنائي القيم إلى المنطق المتعدِّد القيم

لم يكن مفهوم الإمكان المتعلق بالقضايا المستقبلية هو ما وضع المناطقة، في بدايات القرن العشرين، أمام صعوبات تتعلق بتحديد قيم الصدق المنطقي فحسب، لكن تحديات أخرى واجهها المشتغلون بالمنطق الحديث والمعاصر، من بينها مشكلة الحتمية ومشكلة المفارقات المنطقية، فضلًا عن مشكلتي الغموض

واللايقين، على المستويين الأنطولوجي والإبيستمولوجي. ذلك أن مبادئ الفكر والوجود التي استند إليها المنطق الثنائي القيم، كانت صارمة إلى درجة لم تعترف إلا بقدر محدود من اللايقين الذي جسّدته درجات الإمكان. لذا، قام المنطق المتعدِّد القيم، بصورة أساس، على نقد المنطق الثنائي القيم، وتعديل النظر إلى مبادئه الأساس وتوسيعها. لكن، هل يعني ذلك تخلي المناطقة عن المنطق الثنائي القيم؟ وهل استطاع المنطق المتعدِّد القيم حل المشكلات المرتبطة بالغموض؟ ماذا نجم عن اعتراف المنطق الثنائي القيم بحقيقة واحدة مطلقة؟ وما الذي ترتَّب عن القول، في ما بعد، بوجود أكثر من قيمتين للصدق؟

شكَّلت المقاربة التي تبنَّاها الغرب لقرون طويلة الكثير من رؤيتنا العلمية عن العالم. إذ زوّدتنا بمنطق صارم فصل فصلًا حادًا بين المتناقضات [...] وبقدر ما يكون الفصل واضحًا، يكون العقل أكثر منطقية والعلم أكثر دقة[35]. وبهذا ارتبط التفكير المنطقي بالعقل، وارتبطت موضوعية المعرفة بانفصال الذات عن موضوعها، وشكلت الموضوعية والعقلانية، بهذا المعنى، معيارًا للدقة.

بقي الميل واضحًا، حتى بداية القرن العشرين، نحو هذه المعاني للموضوعية والعقلانية، في ميادين المعرفة المختلفة، وبقي الوصول إلى الحقيقة المطلقة حافزَ العلماء والفلاسفة على حدٍّ سواء. إذ نظر العلماء إلى «حقائق العلم على أنها موقتة ربما تتغير من الصدق المحض إلى الكذب المحض، في ضوء دحض المعطيات، لكنها ليست جزئية»[36]. فحقائق العلم، وفقًا لهذا النمط من التفكير، مطلقة، وإن كانت موقتة، ولها حضوز ثابت وماهوي، وإن كانت ستتغير بعد حين.

غير أن هذا الميل إلى التفكير الثنائي، إما/ أو ربما ساهم في تكريس أنواع السُّلطات المرتبطة به، لفترة أطول. إذ دفع هذا الميل إلى اختزال «الخصائص المتعددة الأوجه المعقدة، إلى شيء موحَّد يمكن أن يقاس ويوازن. وفي هذا الصدد، تخدم الموضوعية التراتب الهرمي عن طريق ردِّ المعقد الذاتي، إلى عدد

---

(35) Kosko, p. 68.

(36) المصدر نفسه، ص 80.

مفرد، كمية محدَّدة يمكن وصفها»[37]. فإقصاء بعض العناصر أو استبعاده أو إهماله، هو ما كان سائدًا، وهو ما أفضى إلى اختزال التعدد في الواحد، وردِّ الكيف إلى كم قابل للعد والقياس. لذا لجأ المنطق الثُّنائي القيم إلى المقاربة الاختزالية في القضايا كلها التي يعالجها. وبهذا، فهو منطق البساطة والاستسهال؛ لأن العمل مع قيمتين للصدق، الصفر والواحد، أكثر بساطة وسهولة من العمل مع قيم متعددة أو لانهائية تقع بينهما.

غير أن الاعتراف بحقيقة واحدة مطلقة لم يقتصر على المستوى المنطقي، بل امتدَّ إلى الحياة الإنسانية والعلوم الطبيعية والرياضية. ففي الحياة الإنسانية، ساهمت السلطات الثلاث، السياسية والدينية والاجتماعية، في تعزيز تلك الحقيقة. وفي العلوم الطبيعية، مثَّلت الحتمية - بوصفها غاية نهائية - والموضوعية - بوصفها تمثيلًا دقيقًا للواقع - والعقلانية - بوصفها ترى العقل الأداة الوحيدة القادرة على الوصول إلى هذه الغاية - انحيازًا إلى تلك الحقيقة وتأكيدًا لأهميتها.

لهذا بقي الانحياز إلى الموضوعية والعقلانية، في العصر الراهن، هاجسًا، في العلوم الطبيعية أو الإنسانية والاجتماعية. إذ لم يجر التخلي عن طلب الموضوعية والعقلانية بالمطلق، وإنما أصبحت المعرفة العلمية نتاجَ تفاعل متبادل، تكمَّل فيها الذات والموضوع بعضهما بعضًا؛ أي أصبحت الذات مشارِكًا أساسيًا في إنتاج تلك المعرفة، ولا يمكن تحييدها، كما كان سائدًا في التصوُّر القديم. كما أن الموضوع لا يمكن فصله فصلًا تعسفيًا عما يحيط به. فالعلم المعاصر استبدَلَ بمفهوم الموضوعية مفهومَ اللاموضوعية، أو أنه حاول التخفيف من حدَّة المعنى القديم للموضوعية الذي يُقصِي الذات وكل ما يحيط بالموضوع؛ واستبدَلَ بالمعرفة العقلانية المعرفة التواصلية التي امتزجت فيها العناصر الأخرى في الذات، وساهمت بدورها في إنتاج المعرفة.

أما المناطقة فانصب اهتمامهم في بداية القرن العشرين على مناقشة إشكالية غموض الواقع ومشكلات صدق القضايا المرتبطة به، والإحراج الناجم عن قسر

(37) شيفرد، ص 165.

في الاختيار بين قيمتين لا ثالث لهما. فحاولوا وضع الحلول انطلاقًا من نقد مبادئ المنطق الثُّنائي القيم وأهمها الثالث المرفوع.

2 - المنطق المتعدِّد القيم وتوسيع قيم الصدق

يجسِّد المنطق المتعدِّد القيم، من زاوية قيم الصدق، تعميمًا للمنطق الثُّنائي القيم وتوسيعًا لقيم الصدق فيه، وللعمليات المنطقية المطبقة على قضاياه. وتركزت محاولة المناطقة المعاصرين، خصوصًا لوكاشيفتش في عام 1920، على إيجاد قيم الصدق الناتجة من تطبيق تلك العمليات على قضايا المنطق المتعدِّد القيم؛ أي معرفة قيم الصدق المنطقي للعطف والانفصال واللزوم والتكافؤ بين قضيتين لهما قيمٌ جزئية للصدق واقعة بين الصدق والكذب. لذا، أضافوا، في المنطق الثُّلاثي القيم، قيمة واحدة فقط إلى قيمتي الصدق الأساسيتين؛ أي قيمة الصدق [½]، ثم أضافوا قيمًا أخرى. وكأننا أصبحنا بذلك أمام مبدأ الرابع المرفوع الذي يسمح بثلاث قيم للصدق لا رابع لها، ثم الخامس المرفوع الذي يسمح بأربع قيم للصدق ... وهكذا.

انصبَّ اهتمام لوكاشيفتش على تجاوز الإحراج الناجم عن الاختيار القسري، بين قيمتي الصدق، الذي يفرضه مبدأ الثالث المرفوع على القضايا المرتبطة بالمستقبل. فمضى، مؤيدًا أرسطو، إلى أن تلك القضايا من الممكن أن تكون صادقة أو كاذبة، فلا صدقها ضروري ولا كذبها، أو أنه لا يمكن الحكم عليها في الوقت الراهن بالصدق أو الكذب ما دامت لم تحدث بعد[38]. فالصدق فيها «غير متحدِّد» (Undefined) أو « غير متعيِّن» (Undetermined). وبرفضه مبدأ الثالث المرفوع، وضع لوكاشيفتش أسس المنطق الثُّلاثي القيم. فـ «استبدل بالوسط «اللامتعيِّن» قيمة ثالثة بين الصفر والواحد. ثم قام في الخطوة التالية بالسماح لهذا الوسط بأن يتخذ طيفًا متصلًا من القيم بين الصدق المطلق والكذب المطلق»[39]. وتمكن المناطقة من وضع صيغة عامة يمكن من خلالها معرفة قيم الصدق الواقعة ضمن المجال

(38) انظر: لوكاشيفتش، ص 218-219.

(39) Kosko, p. 19.

[1،0][40]. ولهذه الصيغة الشكل: $T_n=\{0, \frac{1}{n-1}, \frac{2}{n-1}, \ldots \frac{n-2}{n-1}, \frac{n-1}{n-1}=1\}$، حيث (n) هي العدد الموافق لقيم الصدق في المنطق ذي الصلة[41].

إذا كان لبعض القضايا قيمتا الصدق صادق - المقابل للواحد - أو كاذب - المقابل للصفر - فقيمة صدق القضايا المستقبلية واقعة بينهما. فلو استبدلنا، في الصيغة السابقة، بالرمز (n) العدد (3)، في حالة المنطق الثلاثي القيم، فقيمة صدق القضية المستقبلية هي [½]؛ والعدد (4)، في حالة المنطق الرُّباعي القيم، فقيمة صدق هذه القضية هي إحدى القيمتين [⅓] أو [⅔]؛ والعدد (5)، في حالة المنطق الخماسي القيم، فقيمة صدقها هي إحدى القيم [¼] أو [½] أو [¾]. وعلى ذلك، ففي المنطق الثنائي القيم قيمتان للصدق يمثلهما عنصري المجموعة {0,1}، وثلاثة في المنطق الثلاثي القيم، يمثلها عناصر المجموعة {0،½،1}، وأربعة في المنطق الرُّباعي القيم يمثلها عناصر المجموعة {0،⅓،⅔،1}، وخمسة في المنطق الخماسي القيم، يمثلها عناصر المجموعة {0،¼،½،¾،1}، وستة في المنطق السُّداسي القيم، يمثلها عناصر المجموعة {0،⅕،⅖،⅗،⅘،1} ... وهكذا.

غير أن اتفاق المناطقة على هذه القيم بصورة عامة، وعلى القيمة الوسطى في المنطق الثلاثي القيم بصورة خاصة، لم يرافقه اتفاق على معنى هذه القيمة؛ أي إن كلًا منهم رأى في القيمة [½] معنى مختلفًا عما رآه نظراؤه. فهي، من وجهة نظر لوكاشيفتش ليست صادقة ولا كاذبة، وإنما «غير متعيِّنة»، وفي رأي كليني - المهتم بالغموض في بعض الحالات المتاخمة - «حيادية» (Neutral) أو «غير متحدِّدة»؛ لأنها تعكس تطبيق محمول غامض على تخوم الصدق المحض والكذب المحض. وبالتالي تمثِّل حالة غير متحددة أو حيادية، أكثر من كونها ببساطة لا صادقة ولا كاذبة[42]. أما بوشفار الذي اهتم بقضايا المفارقات، ومنها مفارقة الكذاب، فرأى

---

(40) ثمة فرق بين المجال [1،0]، والمجموعة {0،1}. فبينما يحوي الأول عناصر غير نهائية بين طرفي المجال، ليس في الثاني إلا عنصران فقط.

(41) George Bojadziev and Maria Bojadziev, *Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management*, Advances in Fuzzy Systems; 12, 2nd ed. (Hackensack, NJ: World Scientific, 2007), pp. 42-43.

(42) Merrie Bergmann, *An Introduction to Many-Valued and Fuzzy Logic: Semantics, Algebras, and Derivation Systems* (Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2008), p. 72.

أن هذه القضايا بلا معنى (Meaningless). فهي، في نظره، ليست صادقة ولا كاذبة؛ لأن الصدق أو الكذب لا يقال إلا على القضايا ذات المعنى[43]. وترتب عن هذا التفسير اختلاف بين هؤلاء المناطقة[44]، في نتائج العمليات المطبقة على القضايا ذات قيمة الصدق الوسطى.

في هذا السياق، من المفيد عرض العمليات المنطقية للمنطق الثُّلاثي القيم، عند بعض هؤلاء المناطقة وفق جدول لتسهيل المقارنة وتمييز الفروق في ما بينهم في كل عملية منطقية على حدة[45]. وهذه العمليات هي النفي المنطقي (~) والوصل المنطقي (∧) والانفصال المنطقي (v) واللزوم المنطقي (→) والتكافؤ المنطقي(↔)، بصرف النظر عن معنى درجة صدق القضية الموافقة للقيمة (½).

P	Q	Kleene كليني				Loksiewicz لوكاشيفتش				Bochvar بوشفار			
		∧	∨	→	↔	∧	∨	→	↔	∧	∨	→	↔
0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
0	½	0	½	1	½	0	½	1	½	½	½	½	½
0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
½	0	0	½	½	½	0	½	½	½	½	½	½	½
½	½	½	½	½	½	½	½	1	1	½	½	½	½
½	1	½	1	1	½	½	1	1	½	½	½	½	½
1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
1	½	½	1	½	½	½	1	½	½	½	½	½	½
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

(43) المصدر نفسه، ص 80.

(44) يتفق ستيفين كورنر، في قيم الصدق التي وضعها، وفي تسمية القضية الموافقة لها، مع كليني، بينما يتفق سورين هالدن مع بوشفار، لكنه يسمي القضية الموافقة لقيمة الصدق الوسطى بالهرائية (Nonsensical). انظر: صلاح عثمان، المنطق متعدد القيم: بين درجات الصدق وحدود المعرفة، مشكلات فلسفة العلم؛ 4 (الإسكندرية، مصر: منشأة المعارف، 2002)، ص 51-70.

(45) Bergmann, pp. 72-80.

لو أجرينا مقارنة بين قيم الصدق المنطقي عند بوشفار وكليني ولوكاشيفتش، لوجدنا بوشفار يرى أن إذا كانت إحدى القضيتين، على الأقل، «لا معنى لها»؛ أي قيمة صدقها مساوية لـ [½]، فالنتيجة «لا معنى لها» أيضًا، أيًا كانت قيمة صدق القضية الثانية، في العطف أو الانفصال أو اللزوم أو التكافؤ. أما كليني فرأى أن نتيجة العطف المنطقي بين قضيتين قيمة صدقهما غير متحددة، هي قيمة الصدق الأقل (Min) بين قيمتي صدق القضيتين، ونتيجة الانفصال المنطقي، هي قيمة الصدق الأكبر بينهما (Max). وهذا ما استخدم لاحقًا لعمليتي العطف الضبابي والانفصال الضبابي. أما اللزوم المنطقي فيصدق إذا كانت قيمة صدق المقدَّم أقلّ من قيمة صدق التالي، لكنه «غير متحدد» إذا كانت قيمة صدق التالي أقلّ من قيمة صدق المقدم، أو مساوية لها. وأما التكافؤ، فـ «غير متحدد» إذا كانت قيمة صدق إحدى القضيتين، على الأقل، «غير متحددة».

أما لوكاشيفتش الذي اهتم بالكشف عن عدم سريان مبدأ الثالث المرفوع، في المنطق الثلاثي القيم، ومحاولة التخلص من القيود التي يفرضها، فيقول مؤيدًا أرسطو ذاته «إن بعض الحوادث المستقبلية - كأن تقع معركة بحرية - متّصفة بالإمكان. فالقضية التي ننطق بها اليوم عن مثل هذه الحوادث لا تكون صادقة ولا كاذبة»[46]. وبالتالي، لا بدَّ من أن لتلك القضية قيمة صدق غير هاتين القيمتين؛ لأنه ليس لهذا النوع من القضايا بعد، في الوقت الراهن، ما يطابقه في الواقع. لذا لا يمكن الحكم عليها بالصدق ولا بالكذب، فصدقها ممكن وكذبها ممكن أيضًا.

يتفق لوكاشيفتش مع كليني في ما يتعلق بالعطف والانفصال بين قضيتين عندما يكون لإحداهما أو لكلتيهما قيمة ثالثة للصدق، لكنه يختلف معه في اللزوم والتكافؤ. فبينما أعطى كليني قيمة «غير متحددة» لصدق قضيتين لهما قيمة صدق «غير متحددة»، سواء في اللزوم أم التكافؤ، ذهب لوكاشيفتش إلى أن أي قضية شرطية تتكافأ قيمة صدق مقدمها مع قيمة صدق تاليها، هي تحصيلُ حاصل، أي إنها صادقة. وكذلك الأمر في حال التكافؤ؛ إذ يصدق عند تساوي قيمة صدق القضيتين المتكافئتين.

---

(46) لوكاشيفتش، ص 234.

أما في حالة النفي المنطقي فيتفق هؤلاء المناطقة على أن قيمة صدق نقيض القضية غير المتعينة أو الحيادية أو غير المتحددة أو التي لا معنى لها، مساوية لقيمة صدق القضية الأصلية ولها المعنى ذاته؛ أي غير متعينة أو حيادية أو غير متحددة أو لا معنى لها، على التوالي. وأما ما يتعلق بقيم الصدق الأخرى للعمليات المنطقية السابقة، فتتفق مع المنطق الثُّنائي القيم، بالصدق والكذب.

من الواضح في قوائم الصدق السابقة، أن المناطقة جميعهم أقاموا منطقهم على نقد مبدأي الثالث المرفوع وعدم التناقض؛ إذ لم يفضِ العطف المنطقي بين قضية ذات قيمة صدق مساوية للـ[½] ونقيضها، والمساوية لها في قيمة الصدق، إلى الكذب المحض - القيمة [0] - كما لم يؤدِّ الانفصال بينهما إلى الصدق المحض - القيمة [1] - ما يعني أن النقيضين يمكن أن يجتمعا معًا، ولا يؤدي اجتماعهما إلى التناقض، كما أن انفصالهما لا يعني صدقًا مطلقًا[47]. كما تكشف النتائج عن أن الانفصال في المنطق الثُّلاثي القيم عند هؤلاء المناطقة الثلاثة، ليس انفصالًا قويًا - الذي يصدق إذا، وإذا فحسب، كان أحد البديلين صادقًا والآخر كاذبًا - وإنما هو انفصال ضعيف. وبالتالي، ليست له الطبيعة الاستبعادية التي يفرضها مبدأ الثالث المرفوع.

لا تختلف العمليات المنطقية الأساس في المنطق الرُّباعي أو الخماسي أو السُّداسي القيم، من حيث المبدأ، عن المنطق الثُّلاثي القيم. وتمكَّن المشتغلون بالمنطق من وضع قواعد تحكم هذه العمليات، بصورة عامة، وإن لم تكن مُلزِمة لبعضهم، وفقًا للدلالة التي أعطاها كل منهم للقضايا ذات القيم الواقعة بين الصدق المطلق والكذب المطلق.

بصرف النظر عن اختلاف الدلالات التي أعطاها المناطقة لتلك القضايا، يمكن لهذا النوع من القضايا أن يعطى قيمة صدق واحدة، وأفضل طريقة لوصفها هي أنَّها قضية «محايدة». لكن ربما نخفق في إعطائها قيمة واحدة، عندها من الأفضل إعطاؤها قيمًا متعددة. ومن ثمَّ، تأخذ القضية دلالتها في ضوء هذه

---

(47) Bojadziev and Bojadziev, p. 42.

القيم[48]. وهذا يشير إلى أنه يمكن أن يكون المنطق الثُّلاثي القيم كافيًا للتعبير عن بعض القضايا، لكنه ربما لا يكون كافيًا لبعضها الآخر، الأمر الذي يقتضي استخدام المنطق الرُّباعي أو الخماسي أو السُّداسي القيم. وتأخذ القضية دلالتها من قيمة الصدق المعطاة لها.

يمكن للمنطق المتعدِّد القيم أن يأخذ قيمه من مجموعة مؤلفة من سبع قيم، على النحو التالي: «ضمن المجموعة بالكامل» (fully in)، وتوافق درجة الانتماء [1]؛ و«خارج المجموعة بالكامل» (Fully out)، وتوافق درجة اللاانتماء [0]؛ و«على الأغلب، وليس بالكامل ضمن المجموعة» (Mostly but not Fully in)، وتوافق جزءًا من درجة الانتماء [0,83]؛ و«على الأغلب، وليس بالكامل خارج المجموعة» (Mostly but not Fully out)، وتوافق جزءًا من درجة الانتماء [0,17]؛ و«إلى حدٍّ ما، ضمن المجموعة» (More or Less in)، وتوافق جزءًا من درجة الانتماء [0,76]؛ و«إلى حدٍّ ما، خارج المجموعة» (More or Less out)، وتوافق جزءًا من درجة الانتماء [0,33]؛ وأخيرًا «نقطة التحول، أو ليست ضمن المجموعة ولا خارجها» (Crossover: Neither in nor out)، وتوافق جزءًا من درجة الانتماء [0,5][49].

لكنْ، ألم يخلق الاستبدال بمبدأ الثالث المرفوع مبدأ الرابع المرفوع، المشكلة ذاتها؟ أي إذا كان المبدأ الأول فصَلَ، فصلًا حادًا، بين الصدق المطلق والكذب المطلق، ألم يفصل مبدأ الرابع المرفوع بين الصدق المطلق والقيمة الثالثة المحايدة، أو بين هذه القيمة والكذب المطلق؟ وهل إضافة قيمة رابعة أو خامسة تحول دون هذه المشكلة في كل مرة؟ ألا تمثل كل قيمة من القيم المضافة – أعني قيم الصدق الثالثة والرابعة ... – محاولة للهروب من الغموض من دون جدوى؟ ألم تجسد هذه المحاولات تفاديًا للغموض بدلًا من أن تكون حلًا للمشكلات الناجمة عنه؟

---

(48) Matti Eklund, «Vagueness and Second-Level Indeterminacy,» *Work in Progress* (September 2008), pp. 1-2.

(49) Charles C. Ragin, *Fuzzy-Set Social Science* (Chicago: University of Chicago Press, 2000), pp. 155-157.

يمكن ملاحظة نقطتين في المنطق المتعدِّد القيم: الأولى، أن إضافة قيم صدق بين القيمتين الأساسيتين لم يحل مشكلة الغموض[50]، لأنها مشكلة واقعية وليست منطقية أو لغوية، بل فصَلَ بين قيمتي الصدق صادق ومحايد، وبين القيمتين محايد وكاذب. والثانية، أن الانتقال بين هذه القيم المضافة أشبه بالانتقال بين قيمتي الصدق صادق وكاذب؛ أي هو انتقال متقطع أو متدرج، خلافًا للانتقال بين قيم الصدق في منطق الضبابية. كما أنه لا يمكن القضية الواحدة أن تجمع بين قيمتين للصدق، في آن واحد؛ لأن هذه القيم متخارجة، لذا لا يمكنها أن تكون محايدة وصادقة، أو محايدة وكاذبة، أو أن تجمع بين درجات مختلفة من قيم الحيادية، فهي إما محايدة وإما لا محايدة؛ وإما صادقة وإما كاذبة. وبهذا يختلف عن منطق الضبابية.

بناء عليه، المنطق المتعدِّد القيم - الثالث أو الرابع أو الخامس... - أقل تطرفًا وصرامة من سابقه؛ لكونه أعطى أهمية للتعدد، لكنه بقي مع هذا يضيِّق الخيارات بقيم محدَّدة. وفضلًا عن هذا وذاك، بقيت مشكلة الغموض قائمة على التخوم الواقعة بين هذه القيم، إلى أن جاء الحلُّ مع منطق الضبابية أو المنطق اللانهائي القيم. لكن يمكن للقيم المتعددة في المجموعة ذات السبع قيم، أن تمثَّل بمجموعات ضبابية، عندها تتداخل هذه المجموعات ويتم تجنب حالات التداخل الناجمة عن الغموض بين كل قيمتين متتاليتين.

تلكم محاولات بعض المناطقة في التعامل مع صعوبة تعيين القيم غير المحدَّدة لصدق القضايا. ومع أن محاولاتهم تركزت على الغموض بوصفه مشكلة لغوية أو معرفية، فإنها تبقى مهمة وأساسية؛ لكونها منحت قيمة لبعض «الما بين»، وحدَّت

---

(50) معنى الغموض الذي سنحدده في الفصل الثاني مختلف عن المعنى الذي يستخدمه بعض المناطقة عند حديثهم عن مفهومي الغموض من المرتبة الثانية (Second-Order Vagueness)، والغموض من المرتبة الأعلى (Higher-Order Vagueness)، المقابلين لقيم الصدق غير المتحددة. فهم يردون الغموض إلى مجرد مسألة تتعلق بالمعرفة أو باللغة، بمعنى أنه يتعذَّر وضع لغة شارحة (Meta-Language) واضحة ومحدَّدة. فإذا كانت (P قضية غامضة)، فمن المتعذَّر أن تكون القضية ذاتها واضحة ومحدَّدة. انظر: Phil Serchuk, «Fuzzy Logic and Vagueness,» (Honours Thesis, University of Calgary, Department of Philosophy, Calgary, Canada, 2005), p. 58, on the Web: <http://dspace.ucalgary.ca/bitstream/1880/46689/3/Serchuk_Thesis.pdf>.

من النزعة الاختزالية والروح الاستبعادية، لكنها لمْ تلغِها بالمطلق، وبقيَ يمارَس هذا الاختزال والاستبعاد على بعض آخر، ولمْ يتوقف تقريبًا إلا مع منطق الضبابية.

إذا كانت القضايا المقابلة لهذا الغموض هي ما شغلت المناطقة، انشغل علماء الطبيعة، في بداية القرن العشرين، بالظواهر المعقدة التي تكون أشدًّ غموضًا، وما ينجم عنها من مشكلات على المستوى الإبيستمولوجي. الأمر الذي أدى إلى تطور بعض النظريات الفيزيائية والرياضية، وأهمها مبدأ اللايقين الذي وضعه هايزنبرغ[51] في عام 1927، ونظرية الكايوس التي استحدثها لورينز[52] في عام 1963.

رابعًا: تطور العلوم الفيزيائية والرياضية

كان لتطور بعض النظريات العلمية دور بارز في المنطق المعاصر. إذ استوحت نظرية المجموعات الضبابية، بعضًا من مبادئ الفيزياء الكوانتية، خصوصًا مبدأ اللايقين، كما استفادت من تطور البرمجيات وسرعة المعالجات الصغرية في تحليل البيانات ومعالجتها. وكان لانبثاق نظرية الكايوس التي اهتمت ببعض الظواهر المعقدة، خصوصًا صعوبة التنبؤ التي تخلقها، أثر كبير في استرعاء انتباه زاده إلى ضرورة معالجتها، بطريقة أكثر إتقانًا، من نظرية الاحتمالات. وما نركّز

---

(51) فيرنر هايزنبرغ (Werner Heisenberg) (1901–1976): فيزيائي ألماني، وأحد أعلام الفيزياء الكوانتية. شملت مساهماته في الفيزياء عددًا من الموضوعات. مُنح جائزة نوبل في الفيزياء في عام 1932. من أعماله: *The Physical Principles of the Quantum Theory* (1930)، وبعضها تُرجم إلى العربية منها فيزياء وفلسفة (*Physics and Philosophy*) (1959). انظر: Donald M. Borchert, ed., *Encyclopedia of Philosophy*, 10 vols., 2nd ed. (Detroit: Thomson Gale/Macmillan Reference, 2006), vol. 4: *Gadamer-Just War Theory*, pp. 297-299.

(52) إدوارد لورينز (Edward Lorenz) (1917–2008): رياضي وعالم أرصاد جوية أميركي. انصبَّ اهتمامه، منذ مطلع الأربعينيات، على محاولة التنبؤ بتقلبات الطقس. اشتُهِرَ باكتشافه ما يُعرَف بـ «أثر الفراشة» في مقالة نشرها بعنوان «Deterministic Nonperiodic Flow» (1963). ويتلخص هذا المفهوم في أن رفة جناح فراشة في الأرجنتين ربما تؤدي، في غضون أسابيع، إلى إعصار في تكساس. الأمر الذي يعني أن حساسية المنظومات المعقدة للشروط الأولية تفضي إلى اختلاف كبير في سلوكها، على المدى البعيد، لكونها تتغير تغيرات لاخطية. من أعماله: *The Essence of Chaos* (1993). انظر الموقعين الإلكترونيين: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/348155/Edward-Lorenz>, and <http://plato.stanford.edu/entries/chaos/>.

عليه هنا، هو التطور في هذه النظريات الذي سبق ولادة المجموعات الضبابية في عام 1965، والذي كان له أثر فيها. فكيف تجلى هذا الأثر؟ وكيف تمكّن زاده من استثمار تطور العلوم المختلفة، في مجموعاته الضبابية؟

1 - النظرية الكوانتية ومبدأ التتام واللايقين

وضعت الفيزياء الكوانتية حدًّا لليقين الذي كان يفخر به العلم الحديث، قبل نهاية القرن التاسع عشر، وفتحت أبواب القرن العشرين على عالم جديد لا يخضع لقوانين العالم التقليدي. وكان السلب هو المميز الرئيس لهذا العالم. إذ تخلى العلم عن مفاهيم قديمة؛ مثل الحتمية واليقين والموضوعية، واستبدل بها مفاهيم جديدة، هي اللاحتمية واللايقين واللاموضوعية. الأمر الذي أفضى إلى تخلي المنطق بدوره عما يسميه حقيقة مطلقة، والقول، بدلًا من ذلك، وجود حقائق جزئية أو درجات متباينة من الصدق المنطقي.

نحاول في ما يلي إلقاء الضوء على المراحل البارزة في الفيزياء الكوانتية التي يمكن تلمُّس آثارها في منطق الضبابية وفي تطوره.

تمكَّن نيلز بور[53] من إثبات الطبيعة الجسيمية للضوء، من دون أن ينفي عنه الطبيعة الموجية. فمن خلال «مبدأ التتام» (Complementarity) الذي وضعه في عام 1913، اتفق مع القائلين إن ظواهر التداخل والحيود والانكسار والانعكاس تثبت أن الضوء يسلك سلوك الموجة، لكن تثبت ظاهرتا الامتصاص والانبعاث أن له أيضًا طبيعة جسيمية. وينطبق هذا المبدأ على الإلكترون أيضًا. وبالتالي، لا يمكن لإحدى الطبيعتين بمفردها، أن تستنفد الواقع الفعلي للضوء، وإنما كلتاهما تتمِّم الأخرى، كما لا يمكن الحكم على أي من الرؤيتين بالخطأ، بل كلتاهما صحيحة

---

(53) نيلز بور (Niels Bohr) (1885-1962): فيزيائي دانماركي، وأحد أعلام الفيزياء الكوانتية. اشتُهِر بمساهماته في تطوير الفيزياء الكوانتية وبأعماله الفلسفية التي تركزت على فهم جديد لميكانيكا الكوانتم، خصوصًا مبدأ التتام (Complementarity). مُنح في عام 1922 جائزة نوبل في الفيزياء عن أعماله «في بنية الذرة وفي الإشعاع». من أعماله: «On the Constitution of Atoms and Molecules» (1913); *Atomic Theory and the Description of Nature* (1934), and *Essays 1958-1962 on Atomic Physics and Human Knowledge*. انظر: Borchert, ed., vol. 1: *Abbagnano-Byzantine Philosophy*, pp. 636-639.

وفقًا لاختلاف الكيفية التي ننظر بها إلى الضوء أو الإلكترون، والأسلوب الذي نعتمده في القياس[54].

بينما يرى بور أن الظواهر التي تثبت الطبيعة الموجية للضوء لا يرافقها امتصاص أو انبعاث للطاقة، والعكس بالعكس[55]، أي لا تجتمع الطبيعتان الموجية والجسيمية في آن واحدٍ، وفي اللحظة ذاتها، يخالفه لوي دو بروي[56] في ذلك، ويذهب إلى أن الطبيعتين مترافقتان في اللحظة ذاتها، ومرتبطتان حيث لا يمكن فصل إحداهما عن الأخرى. وهذا ينطبق أيضًا على جميع العناصر في عالم الصغائر[57].

ربما نحكم أول وهلة على رؤية بروي بأنها أهم، من الناحية المنطقية، من رؤية بور. فالأول يقر باجتماع الطبيعتين، الموجية - الجسيمية، في آنٍ واحد، وهذا ما لم يفعله بور. ولو أيّدنا القائلين بتناقض هاتين الطبيعتين، يدحض بروي مبدأي الثالث المرفوع وعدم التناقض في قوله بوجود الطبيعتين معًا، ويستبدل برؤية إما/ أو الاستبعادية رؤية تعددية تفترض حضور الطبيعتين معًا. لكن، يمكن النظر إلى المسألة من زاوية أخرى، إذ إن رؤية بور دحضٌ للنزعة الكلية أو الشمولية التي كان المنطق الثنائي القيم يتغنى بها؛ لأن مبادئه تحكم الفكر والوجود معًا. ومن ثم، فإن افتراض بور أن الضوء هو جسيمات وأمواج «كلاهما»، لا يعني أن الطبيعتين متناقضتان، الأمر الذي يقتضي استبعاد إحداهما للأخرى بالضرورة، بل يعني أنهما مختلفتان، لكنهما تشكّلان معًا ظاهرة واحدة هي الضوء، له طبيعة

---

(54) F. David Peat, *From Certainty to Uncertainty: The Story of Science and Ideas in the Twentieth Century* (Washington, DC: National Academies Press, 2002), p. 8.

(55) انظر: رولان أومنيس، فلسفة الكوانتم: فهم العلم المعاصر وتأويله، ترجمة أحمد فؤاد باشا ويمنى طريف الخولي، عالم المعرفة؛ 350 (الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، 2008)، ص 239.

(56) لوي دو بروي (Louis de Broglie) (1892-1987): فيزيائي فرنسي، اشتُهر باكتشافه الطبيعة الموجية للإلكترونات. مُنح جائزة نوبل في الفيزياء في عام 1929. من أعماله: *Researches on the Quantum Theory* (1924), and *The Current Interpretation of Wave Mechanics* (1964).

انظر الموقع الإلكتروني: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/80727/Louis-Victor-7e-duke-de-Broglie>.

(57) Constantin Antonopoulos, «Reciprocity, Complementarity and Minimal Action,» *Annales Fondation Louis de Broglie*, vol. 29, no. 3 (2004), pp. 435-437.

مزدوجة، موجية وجسيمية. لذا، تطبيق قوانين الفكر في مثل تلك الحالة غير دقيق أو غير ملائم؛ أي إنه لا يمكن إجراء مثل هذه القسمة الصارمة في عالم الكوانتم، ولا بد من وجود طرائق أخرى للتعبير عن هذا العالم.

يشير بور إلى أن مبدأ التتام مفهوم متأصل في الوعي البشري وفي طريقة عمل الذهن، وربما يكون هذا المبدأ مألوفًا لنا عند النظر في المشكلات النفسية. فطبيعة وعينا تجسدها علاقة تتام في جميع ميادين المعرفة، بدءًا بتحليل التصور، وانتهاءً بتطبيقه المباشر. ويطرح بور أمثلة سيكولوجية أخرى لمبدأ التتام، منها، عندما نفكر في اتخاذ قراراتنا، فثمة ما يحفزنا على اتخاذها، مثل الرغبات والأمنيات والآمال... إلخ[58]. وإذا كان مبدأ التتام قد شكّل انزياحًا عن نمط التفكير الانفصالي، على المستوى النظري والمنطقي، وساهم في نقلة نوعية في الفيزياء الكوانتية، أوجد مبدأ اللايقين تحديًا كبيرًا للفيزيائيين، ولم يلبث هذا التحدي أن انتقل إلى فروع المعرفة الإنسانية المختلفة. إذ كشف هذا المبدأ عن زيف الادعاء بالحقائق المطلقة واليقين المطلق، وبيّن أن أي معرفة فيها قدرٌ من اللايقين، يزداد وينقص بدرجة ما، وما من سبيل إلى التخلص منه.

ما ينصُّ عليه مبدأ اللايقين في الفيزياء الكوانتية، أو ما يسمى أحيانًا مبدأ اللاحتمية أو اللاتعيين، هو أننا لو «استطعنا، بعملية رصد ملائمة، تعيين مكان الإلكترون وسرعته في لحظة بدئية، فإن هذا التعيين لن يكون دقيقًا، إذ سيشوبه، على الأقل، شكٌّ ناشئ عن علاقات الارتياب، فضلًا عن الأخطاء الناشئة عن صعوبة إجراء التجربة»[59]، أي ليس في وسعنا تحقيق قياس بالغ الدقة والتحديد للخاصيتين - السرعة والموضع - في آنٍ واحد، فكلما وصلنا إلى دقة أكبر في تحديد موقع الإلكترون، أصبح تحديد سرعته أكثر غموضًا، وبالتالي معرفتنا أقل يقينًا، والعكس بالعكس.

(58) Eddie Oshins, «Technical Comments on Quantum Psychology and the Metalogic of Second Order Change,» Paper Presented at: Proceedings for the Tenth Western Regional Meeting of the Alternative Natural Philosophy Association, Cordura Hall, Stanford University, 19-21 February 1994, p. 6.

(59) فيرنر هايزنبرغ، فيزياء وفلسفة: ثورة في الفيزياء الحديثة، ترجمة أدهم السمان (دمشق: وزارة الثقافة، 1984)، ص 26.

يذهب هايزنبرغ إلى أن اللايقين يكمن في عملية القياس بوصفها فعل استنطاق للظاهرة. وبهذا، فالنتيجة التي يحصل عليها الملاحِظ تعتمد على الطريقة التي يصوغ بها سؤاله، أو على الكيفية التي يجري بها قياس الموضوع. وبما أن المراقب هو من يختار طريقة القياس، فإنه يكشف عن طريقته في السؤال، وليس عن الخصائص الضمنية للكوانتم. ولو أعاد طرح السؤال، بطريقة أخرى، فلربما حصل على نتيجة مختلفة. فعملية القياس تخلق اضطرابًا وتشويشًا متبادلًا بين الذات والموضوع[60] من جهة، وبين الموضوع المقاس وأداة القياس من جهة ثانية. ومن شأن هذا التفاعل المتبادل أن يجعل أيَّ فصل بين الموضوع المقاس وما يحيط به، محاولة اعتباطية أيًا كانت الطريقة المتبعة في القياس[61].

هذا يؤكد أنه لا يمكن لقياس جميع خصائص الإلكترون، في آنٍ واحدٍ، أن يعطي قيمًا يقينية بالمطلق، وإنما يستطيع تحقيق درجة من اليقين لكلٍّ منها. كما لا يمكن الحكم على أن للضوء طبيعة موجية أو جسيمية، وإنما لكلٍّ واحد من الحكمين درجة من الصدق أيضًا؛ أي ليس لأيٍّ منهما صدق مطلق ولا كذب مطلق. وهذا جعل بعضهم يرى أن دخول اللايقين إلى العلم الجديد، في منزلة إضافة قيمة ثالثة إلى الصدق المنطقي؛ أي إن القضايا العلمية ليست كلها صادقة ولا كلها كاذبة، بل هناك قضايا غير محدَّدة الصدق، أو أن صدقها جزئي لايقيني ضبابي[62].

---

(60) يُدرك المشتغلون بمعايرة (Calibration) المعايير المرجعية لأجهزة القياس الدقيقة هذا التشويش والاضطراب المتبادل بين الذات والموضوع المقاس. فلدى إجراء المعايرة (أي تعيين انحراف القيمة المقاسة عن القيمة المعيارية، انظر الهامش (23) ص 216 من هذا الكتاب) لمحدِّدات القياس ذات الطول (1 متر)، تستغرق العملية وقتًا أكبر بكثير من الوقت الذي تستغرقه المحدِّدات ذات الأبعاد الصغيرة؛ لأن ارتفاع درجة حرارتها لمجرد الاقتراب منها أو الابتعاد عنها يعطي نتائج مضطربة بالزيادة أو النقصان. فهي تكتسب الحرارة بسرعة كبيرة، لكنها تستهلك وقتًا طويلًا لتفقد ما اكتسبته؛ أي إنها خلال دقائق ربما ترتفع حرارتها درجتين أو ثلاث درجات مئوية، الأمر الذي يعني زيادة في طولها (1 ملم تقريبًا لكل درجة مئوية)، لكنها تستغرق يومًا كاملًا لتعود إلى الدرجة النظامية، وهي (20°م).

(61) Werner Heisenberg, *Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science*, Introduction by Paul Davies, Penguin Classics, 3rd ed. (London: Penguin, 2000), pp. 24-25; Peat, pp. 13 and 16, and Stephen Hawking and Leonard Mlodinow, *The Grand Design* ([New York: Bantam Books], 2010), pp. 59-60.

(62) Kosko, pp. 7, 19 and 103.

لكننا نعتقد أن فهمًا كهذا لمبدأ اللايقين، يشبه من جهة، فهم رؤية بروي بوصفها نقدًا لمبدأي الثالث المرفوع وعدم التناقض؛ ونعني النظر إلى هذا المبدأ من زاوية عدم انطباق قوانين الفكر عليه؛ ويجسد من جهة ثانية، اختزال المبدأ بمجرد إضافة قيمة ثالثة، أو قيم متعددة للمنطق الثُنائي القيم. لكن يتخذ اللايقين دلالات أعمق. فهو، من ناحية، يعدُّ أيَّ قسمة صارمة في العالم الكوانتي، بين الذات والموضوع أو بين الموضوع المقاس وأداة القياس، قسمة تعسفية لامنطقية؛ ومن ناحية ثانية، يشكِّك في وجود حقيقة مطلقة، وبالتالي يطرح السؤال على العلماء والفلاسفة على حدٍّ سواء، عن أيِّ حقيقة تبحثون؟ ومن ناحية ثالثة، يشكِّك في إمكان الوصول إلى معرفة يقينية، ويستبدِل بمفهوم الموضوعية القديم مفهوم اللاموضوعية الذي يتكامل الموضوع فيه مع الذات، وبمفهوم المراقب الخارجي، مفهوم المشارِك من الداخل. فاللايقين سمة تحكم المعرفة، كما يحكم الغموضُ الواقعَ.

يذهب فيلسوف العلم ماكس بلاك[63] في مقالة نشرها بعنوان «الغموض» (Vagueness) في عام 1937، إلى أن خاصية اللاتحديد أو الغموض قائمة في القياس العلمي. فلا تخلو نتائج القياس من انحراف، بدرجة أو بأخرى، عن القيم الفعلية المقاسة[64]. فاللايقين، بهذا المعنى، ناجم عن غموض الظاهرة الواقعية ذاتها، وليس عن نقص في معرفتنا بها، أو خلل في عملية القياس، أو عيب في الأداة المستخدمة لهذا الغرض. الأمر الذي يعني أن تكرار القياس لا يقلل من هذا اللايقين. وهذا أحد أشكال اللايقين التي يهتم بها منطق الضبابية.

تلكم أهم النقاط في الفيزياء الكوانتية، عمومًا، التي سبقت ولادة منطق الضبابية، وفي مبدأي اللايقين والتتام، خصوصًا لكونهما خلقا طريقة جديدة في

---

(63) ماكس بلاك (Max Black) (1909-1988): فيلسوف العلم، أميركي، درس الرياضيات في جامعة كامبردج. تنوعت اهتماماته بين الفلسفة التحليلية متأثرًا بـفتغنشتين، وفلسفة الرياضيات، وفلسفة العلم، وفلسفة الفن. من أعماله: *The Nature of Mathematics* (1933); *Problems of Analysis* (1954); *Margins of Precision* (1970), and *Perplexities* (1990).

انظر: Borchert, ed., vol. 1: *Abbagnano-Byzantine Philosophy*, pp. 605-606.

(64) Max Black, «Vagueness: An Exercise in Logical Analysis,» *Philosophy of Science*, vol. 4, no. 4 (1937), p. 429.

التفكير، ساهمت في ما بعد في تعزيز التفكير الضبابي بدلًا من المحدَّد والصارم، وأصبح غموض الظواهر الواقعية موضع اهتمام منطق الضبابية. وإذا كان مبدأ اللايقين وضع حدًّا للحتمية واليقين، وضعت نظرية الكايوس حدًّا للتنبؤ بسلوك الظواهر المعقدة. وساهمت بدورها في إثارة إحدى المشكلات التي اهتم بها هذا المنطق وهي مشكلة التعقيد وعدم القابلية للتنبؤ.

2- نظرية الكايوس ودحض مبدأ التنبؤ في المنظومات المعقدة

ارتبط مفهوم الكايوس حتى منتصف القرن الماضي بالفوضى أو اللانظام أو الاضطراب غير المرغوب فيه؛ لكونه خارجًا عن المألوف، ما دفع العلماء قديمًا إلى محاولة إهماله أو التقليل من شأنه حينًا، والإعلان عن فشل تجاربهم العلمية عنه حينًا آخر. لكن التطور اللاحق في الميادين المعرفية المختلفة جعلهم يدركون أهمية الكايوس بوصفه خاصية لصيقة بالمنظومات المعقدة؛ لأنه يحرِف المنظومة عن مسارها المتوقع، ويجعل التنبؤ بتغيراتها صعبًا بدرجة كبيرة، ومتعذرًا أحيانًا.

خلقت مشكلة التنبؤ بتغيرات المناخ، على المدى البعيد، تحديًا كبيرًا أمام علماء الأرصاد الجوية، عمومًا ومنهم إدوارد لورينز الذي يرجع إليه الفضل في استحداث نظرية الكايوس في عام 1963. ففي أثناء اختباره أنموذجًا حاسوبيًا مؤلفًا من معادلات تفاضلية تمثّل متغيرات المناخ، لاحظ لورينز بعد تكرار الاختبارات أن التغير الطفيف في القيم التي أعطاها لمتغيرات المعادلات أدى إلى تغيّر كبير وغير متوقع في النتائج. فاستنتج أن التغير الطفيف في الشروط الابتدائية لمنظومة، يجعل التنبؤ الدقيق بمستقبلها أمرًا متعذّرًا؛ لأن هذا التغير يُحدث، على المدى البعيد، آثارًا ضخمة[65]. وبينما تكشف نظرية النظام عن أنظمة تراتبية مستقرة ومتوازنة تتغير تغيرات خطية، تكشف نظرية الكايوس عن منظومات معقدة دينامية غير متوازنة تتغير تغيرات لاخطية[66]. إذ تبدي الأنظمة استقرارًا

(65) Edward N. Lorenz, «Deterministic Nonperiodic Flow,» *Journal of the Atmospheric Sciences*, vol. 20 (March 1963), pp. 130-141.

(66) Gordon E. Slethaug, *Beautiful Chaos: Chaos Theory and Metachaotics in Recent American Fiction*, SUNY Series in Postmodern Culture (New York: State University of New York Press, 2000), p. 63.

وتوازنًا، وتحكمها تغيرات خطية يسهل التنبؤ بها، خلافًا للمنظومات المعقدة، البعيدة عن الاستقرار والتوازن، التي تحكمها تغيرات لاخطية يصعب التنبؤ بها أو يتعذر. ويكشف هذا الاختلاف بينهما عن أن الأولى تخضع في تغيراتها لما يسمى «الجواذب» (Attractors)، بينما تخضع الثانية لـ «الجواذب الغريبة» (Strange Attractors). والجاذب عمومًا يجذُب النظام أو المنظومة نحوه، لكنه يمثل في النظام «بقعة أو موقعًا محدَّدًا، أو دورة، أو نوبة متوقعة؛ أي أشكالًا خطية تتخذها الظواهر القابلة للتنبؤ. بينما للجواذب الغريبة، أشكال غير محدَّدة، بشكل دقيق، تتخذها الظواهر الكايوسية اللاخطية»[67]. وبينما تتكرر الجواذب على نحو متوقع، الأمر الذي يجعل معرفة أشكالها والتنبؤ بالظواهر المرتبطة بها ممكنًا، تتميَّز الجواذب الغريبة بعدم تكرار نفسها؛ لأنها تنبثق بأشكال جديدة في كل مرة، ما يجعل التنبؤ بالظواهر المرتبطة بها أمرًا متعذرًا.

إذا كان المشتغلون بنظريات التعقيد متفقين على أن النظام ليس في حالة استقرار دائم ولا المنظومة في حالة دائمة من اللااستقرار، فهم مختلفون في أسبقية النظام على الكايوس. لكن في الحالتين، تكشف النتيجة عن أن أحدهما يمكن أن يفضي إلى الآخر. فبينما يرى إليا بريغوجين[68] أن الكايوس ينبثق من قلب النظام، يذهب ماندلبرت[69] إلى أن النظام كامن في الكايوس، في حين يؤكد لورينتز أن التغير الطفيف في أحد عناصر النظام أو المنظومة يؤدي إلى تغيرات نوعية في سلوك هذه أو ذاك. وما أن تصل التغيُّرات النوعية، أو ما يسمى

(67) المصدر نفسه، ص 148.

(68) إليا بريغوجين (Ilya Prigogine) (1917-2003): عالم كيمياء وفيزياء بلجيكي من أصل روسي. يعدُّ واحدًا من أبرز المشتغلين في نظرية الكايوس والمنظومات المعقدة. مُنح في عام 1977، جائزة نوبل في الكيمياء عن مساهماته في ترموديناميكا المنظومات البعيدة عن التوازن. من أعماله: *Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations* (1971), and *Self-Organization in Nonequilibrium Systems* (1977).

انظر الموقع الإلكتروني: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/476018/Ilya-Prigogine>.

(69) بينوا ماندلبرت (Benoit Mandelbrot) (1924-2010): رياضي بولندي. اشتُهِر بوصفه مؤسس الهندسة الكسرانية (Fractals)، التي استُخدِمت في وصف السلوك المتنوع في الاقتصاد، الأسواق المالية، وعلوم الكمبيوتر. من أعماله: *The Fractal Geometry of Nature* (1982). انظر الموقع الإلكتروني: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/361663/Benoit-Mandelbrot>.

«نقاط التشعب» (Bifurcation Points)، إلى «لحظات صراع» (Conflict Points)، تصبح التحولات مفاجئة وغير يقينية ومضطربة، ربما تفضي إلى تمزيق النظام القائم أو المنظومة، لتخلق منظومة أكثر تعقيدًا، وربما تؤدي، على نحو انسيابي، إلى إمكانات مذهلة وخلاقة[70]. فالتركيز الأهم، في نظر لورينز، ينبغي ألا يكون على أيهما أسبق، وهو محق في ذلك، وإنما على التغير في الشروط الأولية؛ لأن الكثير من الظواهر التي تبدو متشابهة، لا تكون شروطها الأولية متطابقة. والكثير من الظواهر التي تختلف شروطها الأولية اختلافًا طفيفًا، تصبح متباعدة على المدى البعيد؛ لأن التغير الطفيف في البداية يصبح متضخمًا مع اللاخطية، وينبغي ألا يهمل.

بناء عليه، الكايوس هو طريقة جديدة في النظر إلى العالم، تتضمن وضعٍ حدٌّ للنزعة الاختزالية، ورؤية الطبيعة على أنها ولودٌ وثرية بالإمكانات وتجنُّب التعميم، ومعالجة كل ظاهرة فرادى، والكف عن محاولة تنظيم الكايوس والنظر إليه على أنه خلاق ومبدع، والتخلي عن فكرة انهزام الطبيعة أو السيطرة عليها بالكامل، واستبدال الإنصات والحوار والتعاون بالقرار العقلاني المفروض من قمة الهرم[71]. وتنطوي هذه الرؤية على جانب جمالي في المنظومات المعقدة الكايوسية حتى في أشد لحظات تدميرها[72]. ويقول أحد المشتغلين بنظريات التعقيد: يبدو أن الطبيعة تستمتع بخلق البنى أقل من متعتها بتدميرها. فثمة شعور بالجمال تبعثه فينا نواتج الأنظمة المغلقة، مثل الغازات المنبعثة من السيارات[73] والملوثات الكيميائية السامة كلها المتسربة إلى الغلاف الجوي التي تتخذ أشكالًا لافتة. فالأشكال الجميلة والمذهلة التي ترتسم بواسطة الدخان المتجمع بعد

---

(70) Slethaug, pp. 62-64.

(71) انظر: شيفرد، ص 120-128.

(72) ربما يُثار التساؤل الآتي: كيف للتدمير أن يحوي جانبًا جماليًا؟ وربما هناك من يرى فيه تجسيدًا لعظمة الخالق. ونذكر هنا أحد أهوال الطبيعة التي تجمع الموقف الدراماتيكي إلى الجمالي، وهو انجراف المنازل والسيارات وكل شيء الذي أعقب تسونامي فوكوشيما في آذار/ مارس 2011، حتى خُيِّل للمشاهِد أنه يرى واحدة من ألعاب الكمبيوتر.

(73) Slethaug, pp. 35 and 63.

الانبعاث تجعلنا ننسى ونحن نتأملها، ربما لساعات، حجم الضرر أو الأذى الذي ربما تخلِّفه على النظام الإيكولوجي وعلينا.

في ضوء ما سبق، أثارت هذه النظريات وغيرها الكثير من المشكلات المتعلِّقة بالغموض والتعقيد. وهذا ما اتخذ منهما منطق الضبابية موضوعًا له. فلم يتمكن المنطق المتعدِّد القيم من تجاوز مشكلة الغموض على المستوى النظري المنطقي، ولم يسمح الحساب الاحتمالي الذي استند إليه لورينز بحل مشكلة التعقيد. وهذا ما فتح الباب أمام وجود طريقة جديدة في معالجة هاتين المشكلتين في الظواهر الواقعية. فما مسوغات ذلك؟

الفصل الثاني

مسوّغات استخدام منطق الضبابية

نحاول في هذا الفصل البحث في مسوغات استخدام منطق الضبابية؛ أي البحث في الأسباب التي تجعل من استخدام هذا المنطق أكثر ملاءمة من استخدام المناهج التقليدية. وتتفرَّع هذه المسوّغات إلى فرعين: **أوّلهما** يتعلق بالضبابية وتعيناتها المختلفة؛ أي وجود ظواهر غامضة ومعقدة ومعرفة لايقينية ولغة ملتبسة، بدرجة أو بأخرى، في الحالات كلها. ويتعلق **ثانيهما** بالفروق، أو التشابهات الظاهرية، بين النظرية الضبابية ونظرية الاحتمالات. ذلك أن الكثير من الآراء المعارِضة للنظرية الضبابية تركِّز على أن هذه النظرية لم تُضِف جديدًا إلى ما قدّمته نظرية الاحتمالات. فما الذي يعنيه الغموض والتعقيد واللايقين والالتباس، من وجهة نظر أنصار منطق الضبابية؟ وما أوجه الشبه بين النظرية الضبابية ونظرية الاحتمالات التي أدت إلى الخلط بينهما؟ وهل يفضي الاختلاف بينهما إلى التخلي عن نظرية الاحتمالات والمناهج التي تستخدمها، في الحالات كلها، لكونها غير كافية، أم أن ثمة أوضاعًا تكون فيها كافية، وأوضاعًا أخرى تتطلب كلتا الأداتين معًا؟

هذه الأسئلة وغيرها هي ما يعالجها هذا الفصل. في **المبحث الأول** منه، نبحث في تعينات الضبابية؛ أي الغموض والتعقيد واللايقين والالتباس. والهدف من ذلك، الكشف عن اختلاف دلالاتها الاصطلاحية من جهة؛ وإبراز أن هذه التعيُّنات التي تظهر، بشكل أكبر، في العلوم الإنسانية والاجتماعية منها في العلوم الطبيعية أو الفيزيائية من جهة ثانية. ومن شأن ذلك أن يجعل من منطق الضبابية أداة أكثر ملاءمة وفاعلية لمعالجة البيانات المتعلِّقة بالظواهر الضبابية، بصورة عامة، والإنسانية والاجتماعية منها بصورة خاصة. أما **المبحث الثاني** فيقارن نظرية الضبابية بنظرية الاحتمالات، من حيث أوجه الشبه والاختلاف، على أن يجري التركيز في الفصل الثالث، على ما بينهما من فروق جوهرية، وإبراز مزايا النظرية الضبابية التي تفتقر إليها نظرية الاحتمالات. لكن، إذا كان منطق الضبابية

يهتم بالضبابية وتعيّناتها المختلفة، واتّخذ بسببها هذا الاسم، فذلك لا يعني أن رؤيته للوقائع والأشياء مبهمة أو نتائجه غير واضحة، أو معالجته للبيانات المرتبطة بالظواهر الواقعية غامضة بالمعنى الشائع والسلبي للكلمة، بل تعدُّ رؤيته، في جوانب عدة إلى حدٍّ ما، أكثر عمقًا، من رؤية المنطق الثّنائي القيم والمنطق المتعدِّد القيم، من جهة، وطريقة معالجته البيانات المرتبطة بالظواهر المعقدة والغامضة، أكثر إتقانًا[1] من جهة ثانية، قياسًا على المناهج التقليدية.

أولًا: الضبابية وتعيُّناتها

يركِّز منطق الضبابية اهتمامه على الضبابية بتعيّناتها المختلفة. وتتعيَّن الضبابية على ثلاثة مستويات: أولها، المستوى الأنطولوجي الذي يقابل غموض الظواهر الواقعية وتعقيدها؛ وثانيها، المستوى الإبيستمولوجي الذي يقابل اللايقين في المعرفة؛ وثالثها، المستوى السيمانطيقي الذي يقابل الالتباس في اللغة. ويرجع هذا الاهتمام إلى أن الوقائع الغامضة والمعقدة أكثر، إلى حدٍّ كبير، من الوقائع المحدَّدة والبسيطة. وهذا يجعل اللايقين في معرفتها والالتباس الناجم عن ذلك موجودين، بدرجة أو بأخرى.

تمثل الضبابية، بتعيُّناتها المختلفة، التغيرات الكيفية النوعية والكمية الطفيفة والتغيرات اللاخطية التي تطرأ على الظواهر الواقعية. ولو تحدثنا عن تلك التغيُّرات بلغة الصدق، لوجدنا أن المنطق الثّنائي القيم يهمل التغيُّرات الكمية الطفيفة التي ربما تفضي إلى تغير كيفي، ولا يعترف إلا بحالتين كيفيتين متقابلتين تقابلان السلب والإيجاب. أما في المنطق المتعدِّد القيم فمثّلت إضافة قيم إلى الصدق بعضًا من تلك التغيرات، لكنها أخفقت في التعبير عنها كلها.

في المقابل، ينصبُّ اهتمام منطق الضبابية، بصورة أساس، على تلك التغيرات التي تمثلها قيم الصدق الجزئية للقضايا أو قيم الانتماء اللانهائية للأعضاء، من دون

---

(1) المحدَّد بدقة (Recise). أما الإتقان (More Precise)، فمرتبط بالمهارة والخبرة لتحقيق الهدف في غياب المعلومات الدقيقة (Imprecise). لذا نستخدم الدقة مع المحدَّد، تحديدًا صارمًا، والإتقان في تعيين المجال التقريبي للمجموعة الضبابية الذي يحقق الغرض وفق متطلبات الجودة.

أن يهمل القيمتين المطلقتين للصدق والكذب أو الانتماء واللاانتماء؛ لكن يصبح لهما دلالات مختلفة عن دلالاتهما في المنطق الثنائي القيم. ففي المجموعات الضبابية، لا تخضع الأعضاء للتصنيف الصارم الذي تفرضه المجموعات التقليدية على أعضائها، وإنما يكون لكل عضو فيها جزء من درجة الانتماء أو أكثر.

يبدأ البحث بالمستوى الأنطولوجي، حيث تُحدّد المعاني الاصطلاحية[2] للغموض والتعقيد، والمعنى الذي يعتمده البحث لهما؛ لكونه الأقرب إلى المعنى المراد، في منطق الضبابية. وكذا نفعل مع المستويات الأخرى.

1 - الغموض والتعقيد في الظواهر الواقعية

تتعيَّن الضبابية، على المستوى الأنطولوجي، في الغموض[3] والتعقيد المتأصِّلين، بدرجة أو بأخرى، في الظاهرة ذاتها. فالغموض هو التداخل بين حالات الظاهرة نفسها، أو بين الميادين المتعددة، والانتقال الانسيابي من حال إلى أخرى، الأمر الذي يحول دون فصل تلك الحالات فصلًا حادًا، بعضها عن بعض. أما التعقيد فخاصية المنظومات الدينامية الكايوسية ذات التغيرات اللاخطية، والاعتماد المتبادل والتفاعل المتبادل بين عناصرها، والحساسية للشروط الأولية. الأمر الذي يجعل التنبؤ بتغيراتها أو معرفة العوامل التي تحكمها، أمرًا صعبًا، إلى حدٍّ ما، ومتعذّرًا أحيانًا، بصرف النظر عن دقة الأدوات المستخدمة.

---

(2) بعض المصطلحات دخل القواميس حديثًا، منها، الضبابية والغموض واللايقين.

(3) الغموض، في اللغة، المكان المنخفض. والمعرفة الغامضة، تحتاج إلى الدقة والنظر. واللغة الغامضة، المبهمة أو غير المصرَّح بها. انظر: مجمع اللغة العربية، المعجم الوسيط، ط 4 (القاهرة: مكتبة الشروق الدولية، 2004)، ص 662. واصطلاحًا، يرتبط الغموض بالمعرفة ويتعلق بعجز العقل عن فهم الوقائع أو إدراكها، أو نقص معرفة العناصر المكوِّنة لها. انظر: جميل صليبا، المعجم الفلسفي بالألفاظ العربية والفرنسية والإنكليزية واللاتينية، 2 ج (بيروت: دار الكتاب اللبناني، 1982)، ج 1، ص 119-120 وج 2، ص 544. والمُشكِل أو المُشْتَبَه، يدلّ على شيء مخفي، وأمر مُبهم. والغموض كامن في المعاني والألفاظ الفقهية ذاتها، وليس عَرَضًا طارئًا عليها. انظر: محمد علي التهانوي، موسوعة كشاف اصطلاحات الفنون والعلوم، تقديم وإشراف ومراجعة رفيق العجم؛ تحقيق علي دحروج؛ نقل النص الفارسي إلى العربية عبد الله الخالدي، الترجمة الأجنبية جورج زيناتي، سلسلة موسوعات المصطلحات العربية والإسلامية، 2 ج (بيروت: مكتبة لبنان ناشرون، 1996)، ج 2، ص 1546 و1551.

المنطق الثُّنائي القيم قائم، في المستوى الأنطولوجي، على التسليم بمبدأ الهوية. وينجم عن ذلك، التسليم بأن الظواهر الواقعية بسيطة وواضحة[4]، وأن كل شيء محكوم بـ «إما وإما» ولا ثالث لهما. واستنادًا إلى مبادئ هذا المنطق، نُظِر إلى الحدود - بوصفها مفاهيم مقابلة لتلك الظواهر - على أنها محدَّدة، بشكل صارم؛ وإلى القضايا على أنها إما صادقة وإما كاذبة؛ وإلى الاستدلالات على أنها إما صحيحة وإما فاسدة.

أما المنطق المتعدِّد القيم فبدأ المشتغلون به بنقد صرامة تلك المبادئ، وقصور المنطق الثُّنائي القيم وعدم كفايته في التعبير عن الكثير من الحالات الغامضة. وتكمن أهمية هذا المنطق في انزياحه عن نمط التفكير التقليدي الذي فرضه المنطق الصوري، ورؤيته للقضايا المقابلة للواقع بطريقة أكثر غنى وتنوعًا قياسًا على هذا المنطق، لكونه أضاف قيمًا إلى الصدق، ثالثة أو رابعة أو ... إلخ. لكن الغموض، في نظر معظم المشتغلين به، لم يكن صفة للظواهر الواقعية، كما أن القضايا المقابلة لتلك الظواهر بقيت محصورة في قيم محدَّدة للصدق، وإن تعددت.

في مقابل هذا وذاك، يسلِّم أنصار منطق الضبابية بأن الواقع معقَّد وغامض؛ أي إن الغموض صفة ملازمة وكامنة في بعض الظواهر الواقعية، أو في بعض جوانبها، وليست صفة عَرَضية يمكن تجاهلها أو استبعادها، وأن التعقيد مرتبط بالكثير من الظواهر الطبيعية والإنسانية والاجتماعية التي يصعب تناولها بالطرائق البسيطة.

غير أن النظر إلى هذا الغموض، كان ولمّا يزل، موضع خلاف بين المشتغلين بالمنطق؛ أي إن وصف الظواهر الواقعية بالغموض لم يلقَ قبولًا عند بعض المناطقة وفلاسفة اللغة. فمنهم من يحيله على نقص في المعرفة، وهذا ما يعتمده البحث لأحد معاني اللايقين، ومنهم من يحيله على مشكلة في اللغة، وهذا ما

---

(4) في وصفه للمنطق الكلاسيكي أو التقليدي، يقول أومينس إنه مهما كان «ذا خطورة، فإنه يبدو كأغنية الحب، المعشوق فيها هو الوضوح». انظر: رولان أومنيس، فلسفة الكوانتم: فهم العلم المعاصر وتأويله، ترجمة أحمد فؤاد باشا ويمنى طريف الخولي، عالم المعرفة؛ 350 (الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، 2008)، ص 29.

يعتمده البحث لإحدى دلالات الالتباس. فكيف نظر هؤلاء إلى هذا المفهوم؟ وماذا يعني الغموض عند المشتغلين بمنطق الضبابية؟

اهتمَّ بيرس[5] بالغموض بوصفه شيئًا لا يمكن التخلُّص منه في عالم المنطق، شأنه شأن الاحتكاك في عالم الميكانيك[6]، وبهذا المعنى، الغموض في نظره مشكلة منطقية وليست مشكلة واقعية. وذهب فريجه[7] أيضًا إلى أن الغموض ناجم عن عيب أو خلل في اللغة الطبيعية. لذا أقام تمييزًا بين المعنى والدلالة تجنبًا للوقوع في التناقض. وبينما يحيل المعنى على فكرة، تحيل الدلالة على شيء، لكنه بهدف بناء نسق منطقي سليم، استبدل باللغة الطبيعية لغة رمزية لكونها، في رأيه، قادرة على ضمان سلامة البرهان من الغموض والإبهام. وهذا يشترط، تحديد معاني الرموز، وتعريف المفاهيم الرياضية، تحديدًا واضحًا[8]، حيث يرى فريجه، من جهة، في الغموض معنى سلبيًا وخللًا أو رذيلة، ومن جهة ثانية يحمِّل هذا المعنى السلبي للغة وينفيه عن الواقع؛ أي إنه يحمِّل البشر مسؤولية هذا الخلل لكونهم أخفقوا في وضع لغة سليمة خالية من العيوب لوصف الواقع. وبهذا، فرؤيته للواقع تستند إلى المنطق الثنائي القيم؛ أي بوصفه بسيطًا وواضحًا.

---

(5) تشارلز بيرس (Charles Sanders Peirce) (1839-1914): فيلسوف ورياضي أميركي، مؤسس البراغماتية. ومع أن مساهماته الأساسية كانت في ميدان المنطق، إلا أن كتاباته شملت معظم ميادين الفلسفة، منها الإبيستمولوجيا، المناهج العلمية والميتافيزيقا والرياضيات. جُمِعَت أعماله الفلسفية والمنطقية في مجلدات *The Collected Papers of Charles Sanders Peirce* (Vol. I - Vol. VIII) انظر: Donald M. Borchert, ed., *Encyclopedia of Philosophy*, 10 vols., 2nd ed. (Detroit: Thomson Gale/ Macmillan Reference, 2006), vol. 7: *Oakeshott - Presupposition*, pp. 163-172.

(6) George Bojadziev and Maria Bojadziev, *Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management*, Advances in Fuzzy Systems; 12, 2nd ed. (Hackensack, NJ: World Scientific, 2007), p. 57.

(7) غوتلوب فريجه (Gottlob Frege) (1848-1925): رياضي ومنطقي وفيلسوف ألماني. واحد من مؤسسي المنطق الرياضي. عمله الأساس هو ما يعرف بمنطق المحمول (*Begriffsschrift*) (1879). وفي كتابه أسس علم الحساب (*Die Grundlagen der Arithmetik*) (1884)، ناقش الأسس الفلسفية لمفهوم العدد، مبينًا ضرورة اشتقاق الرياضيات من المنطق. انظر: Borchert, ed., vol. 3: *Determinables-Fuzzy Logic*, pp. 725-736.

(8) انظر: ياسين خليل، «نظرية جوتلوب فريجه المنطقية: الطريقة في المنطق،» مجلة كلية الآداب (جامعة بغداد)، العدد 9 (نيسان/ أبريل 1966)، ص 203، 213 و219. هذه المقالة ضمن ملف (pdf) تشمل ثلاث مقالات لياسين خليل، جمعها د. قاسم جمعة، لكنها ليست صادرة عن دار نشر، لذا وثقنا الاقتباس وفقًا للمقالة، وليس وفقًا لصفحات الملف.

يتّفق راسل[9] مع فريجه وبيرس في أن الغموض مشكلة لغوية وليس صفة للظواهر الواقعية، ويرى أن غموض الكلمات يخلق ميلًا إلى إسقاطه على الوقائع التي تمثلها. ويؤكّد أن هذا الغموض مجرّد اختلاف مظهر الشيء في مواقع متباينة، لأن هذا المظهر يزداد غموضًا كلما ابتعدنا عن الشيء أكثر فأكثر. لكن العلم، في رأيه، يسعى جاهدًا ليجعل المفاهيم الكمية أقل غموضًا. فالغموض ناجم عن عدم الدقة في تمثيل الأشياء بواسطة اللغة، أو عدم التطابق بين الممثَّل واللغة التمثيلية. فالأشياء هي كما تظهر عليه في الواقع، ولها نهايات محدَّدة وواضحة[10]. ويتلاشى الغموض بهذا المعنى كلما زادت دقة أدواتنا؛ لأن الغموض في اللغة لا يعني غموضًا في الممثَّل؛ أي في الواقع الذي تمثِّله اللغة. وبالتالي، إمعان النظر في اللغة[11] من جهة وتطوير الأدوات المستخدمة من جهة ثانية، كفيل بإزالة اللبس والتخلص من الغموض.

لكنْ، لِمَ انصبَّ اهتمام العلماء والمناطقة حتى بداية القرن العشرين على افتراض أن الواقع بسيط ومحدَّد بشكل واضح؟ ولِمَ لمْ يفترضوا أنه غامض على النحو الذي تصفه اللغة، أو على الأقل أن فيه جوانب غامضة كما فيه جوانب محدَّدة؟

---

(9) برتراند راسل (Bertrand Russell) (1872-1970): فيلسوف ورياضي بريطاني. انصبَّ اهتمامه الأساس على البحث في الأسس المنطقية للرياضيات. كَتَب مع هوايتهد عمله الأساس المبادئ الرياضية (*Principia mathematica*) (1910-1913)، إضافة إلى عدد من المؤلفات المنطقية والفلسفية، منها: «Mathematical Logic as Based on the Theory of Types» (1908)، و *Introduction to Mathematical Philosophy* (1919). انظر: Borchert, ed., vol. 8: *Price- Sextus Empiricus*, pp. 535-563.

(10) Bertrand Russell, «Vagueness,» *Australasian Journal of Psychology and Philosophy* (June 1923), pp. 84-92, on the Web: <www.personal.kent.edu/~rmuhamma/Philosophy/RBwritings/vagueness.htm>.

(11) وضع راسل نظرية الأنماط بوصفها حلًا للتناقض الذي تخلقه اللغة. وبموجب هذه النظرية، قسَّم اللغة أنماطًا متعددة، لكل نمط منها قضايا تتحدث عن النمط السابق عليه، أو الأدنى منه. فـ «القضايا الأولية، إضافة إلى القضايا التي تتضمن أفرادًا فحسب بوصفهم متغيرات ظاهرة، هي قضايا المستوى الأول. وهذه تشكل النمط المنطقي الثاني [...] ويمكننا الآن تشكيل قضايا جديدة هي قضايا المستوى الثاني التي تنطوي على قضايا المستوى الأول بوصفها متغيرات ظاهرة؛ وتشكل القضايا الجديدة النمط المنطقي الثالث... وهكذا». انظر: Bertrand Russell, «Mathematical Logic as Based on the Theory of Types,» *American Journal of Mathematics*, vol. 30, no. 3 (June 1908), p. 238.

من الواضح أن الافتراض الأول ينطوي على اعتراف بقصور الأدوات المعرفية التي يستخدمها الإنسان وإبراز محدوديته. ويترتب عن ذلك اعتراف بوجود قوة فوق بشرية لا بد من أن يخضع لها البشر. بينما ينطوي افتراض غموض الواقع على أن المشكلة لا تكمن في الأدوات فحسب، وإنما في تعقيد الواقع وغموضه أيضًا. كما يؤكد أنه على الرغم من هذا الغموض والتعقيد يواصل البشر محاولاتهم تطوير أدوات تمكنهم من فهمه، بدرجة أو بأخرى. وينطوي أيضًا على أن الواقع أغنى من أن يُختزَل أو تحيط به تلك الأدوات، لكنها تقارب تعقيده إلى هذه الدرجة أو تلك.

خلافًا لفريجه وراسل، قدَّم ماكس بلاك في مقالته «الغموض:...»[12] تعريفًا مهَّد فيه لولادة المجموعات الضبابية. ويقابل مصطلح الغموض، في نظره «وجود «حالات متاخمة»؛ أي أفراد يبدو من المتعذِّر معهم الاختيار بين تطبيق المصطلح عليهم أو عدم تطبيقه»[13]. ويمضي من ذلك إلى القول: لا يمكن أن تكون المصطلحات كلها غامضة، أو أن تكون محدَّدة بدقة ووضوح؛ لأنه لو كان الغموض فيها مطلقًا، فلن نتمكَّن من تصوُّر أي منها، ومن ثم، تصبح أدوات المنطق الصوري آيلة إلى السقوط. ولو استطعنا أن نتصوَّرها كلها، لأمكننا أن نكوِّن منها بناءً محكمًا. لذا، ينعكس الغموض في بعض الحالات «المشكوك فيها» أو «غير المحدَّدة بدقة»، في عجزنا عن الحكم عليها بالصدق المحض أو الكذب المحض. وهي حالات متحولة تشغل حيزًا غامضًا، يتسع ويضيق بدرجة كبيرة أو صغيرة. إذ ربما يقابل عدم التحديد غياب خاصية بعينها يمكن تطبيقها على الموضوع، وربما يقابل غياب الخصائص كلها التي يمكن تطبيقها على التخوم الفاصلة بين الحالة ونقيضها[14]. وبلغة المجموعات، ينعكس غموض الحالات المشكوك فيها في معرفتها أو في الحكم بانتمائها أو عدم انتمائها إلى المجموعة؛

---

(12) لم تلقَ مقالة بلاك اهتمامًا كافيًا، في ذاك الوقت، مع أن المخطط البياني الذي رسمه للمجموعة الغامضة (Vague Set) هو أحد توابع الانتماء التي تستخدمها المجموعات الضبابية.

(13) Max Black, «Vagueness: An Exercise in Logical Analysis,» *Philosophy of Science,* vol. 4, no. 4 (1937), p. 431.

(14) المصدر نفسه، ص 431 و437-439.

لأنها تنتمي بجزء من الدرجة؛ أي تكون القضية الممثلة لها صادقة في جزء من الدرجة، وكاذبة في جزء آخر من الدرجة.

في المقابل، تبنَّى وليامسون[15] وجهة النظر المعرفية التي تردُّ الغموض إلى كونه يعكس حدود قدراتنا المعرفية[16] أو طريقة تصوُّرنا الأشياء الواقعية؛ أي ينبثق مصدر الغموض من عدم فهمنا الحالة، لا من الحالة ذاتها. ويؤكِّد أن وجود حالات متاخمة في موضوع ما لا يعني أن الواقع غامض. لذا، يُميز بين السؤال: «هل الواقع غامض»؟ والسؤال: «هل هناك موضوعات غامضة»؟ ويرى أن السؤال الثاني لا يمكن أن يكون إعادة صوغ للأول؛ إذ إن كل مفهوم يحيل على موضوع واحد محدَّد، مثل جبل إفريست، لكن القول إنه يحيل على ما يتضمنه هذا الموضوع (حدوده المكانية)، هو تقريبي، ولا يُطلَب دومًا أن يكون التحديد واضحًا، بالقدر نفسه. وبالتالي فللحالات، في نظره، خياران لا ثالث لهما، إما أن تتحقق، وإما أن تخفق في التحقق، بشكل واضح، في كلتا الحالتين. ما يدلُّ على أن الغموض كامن في فهمنا لتلك الحالات، وليس في كونها كذلك بالفعل[17].

---

(15) تيموثي وليامسون (Timothy Williamson) (1955 -): أستاذ المنطق في جامعة أكسفورد. انصبَّ اهتمامه على فلسفة المنطق والإبيستمولوجيا والميتافيزيقا وفلسفة اللغة. من أعماله: *Vagueness* (1994); *knowledge and its limits* (2000), and *Modal Logic as Metaphysics* (2013).

انظر الموقعين الإلكترونيين: <http://plato.stanford.edu/entries/vagueness/>, and <http://www.philosophy.ox.ac.uk/members/philosophy_panel/tim_williamson>.

(16) يتبنَّى صلاح عثمان في كتابه المنطق متعدد القيم: بين درجات الصدق وحدود المعرفة، رأي وليامسون القائل إن الغموض ناجم عن نقص المعرفة وعجز الذات عن إدراكها. لكنه يذهب في كتابه المشترك مع سمارانداكه الفلسفة العربية من منظور نيوتروسوفي إلى أن الغموض سمة للموضوعات المفتقرة إلى الدقة، أو التي يصعب الفصل الحاد بين حالاتها المتاخمة، أو يصعب تعيين قيم انتمائها، بل يمكن تعيين قيم انتماء جزئية، كبيرة أو صغيرة فحسب. وسبقت الإشارة إلى ذلك في المقدمة. انظر: صلاح عثمان، المنطق متعدد القيم: بين درجات الصدق وحدود المعرفة، مشكلات فلسفة العلم؛ 4 (الإسكندرية، مصر: منشأة المعارف، 2002)، ص 19، 24-25، 75، 99-100، 103-110، 131-132 و142-144، وفلورنتن سمارانداكة وصلاح عثمان، الفلسفة العربية من منظور نيوتروسوفي (الإسكندرية، مصر: منشأة المعارف، 2007)، ص 91-95 و121-122.

(17) Timothy Williamson, «Vagueness in Reality,» in: Michael J. Loux and Dean W. Zimmerman, eds., *The Oxford Handbook of Metaphysics* (Oxford; New York: Oxford University Press, 2003), pp. 24-25 and 32-33.

وبهذا المعنى يعترف وليامسون بوجود بعض الحالات المتاخمة، لكنه لا يسميها غموضًا واقعيًا، وإنما هي، في رأيه، مجرد إسقاط من المستوى الإبيستمولوجي إلى المستوى الأنطولوجي.

مع أن أكثر المشتغلين بالمنطق يعترفون بحالات متاخمة، فلم يفضِ هذا إلى اعتراف بغموض بعض الوقائع. وما يؤكده المشتغلون بمنطق الضبابية هو وجود ظواهر غامضة بطبيعتها، وليس الظواهر كلها، وأنها تختلف في درجة غموضها، من وضع إلى آخر. فالأصلع والكومة وجبل إفريست، تنطوي على غموض يكمن في التداخل بين حالاتها الانتقالية، لكن اهتمام المناطقة الضبابيين أكثر انصبابًا على غموض الظواهر المعقدة. ومما لا شك فيه أن التمييز بين واقع غامض وموضوعات غامضة تمييز مهمٌّ. ذلك أن الواقع ليس حشدًا متراصفًا من الموضوعات المتخارجة، وإنما ينطوي على تعقيد وتشابك في الكثير من ظواهره؛ أي إن بعض الظواهر محدَّد وبسيط، وبعضها الآخر غامض ومعقد، بدرجة ما في كلتا الحالتين. وينجم عن مثل هذا القول اعتراف بأن الأدوات المستخدمة لمعالجة البيانات المتعلقة بالظواهر البسيطة لا تكفي لمعالجة البيانات المتعلقة بالظواهر المعقدة، ولا بدَّ من أدوات جديدة أكثر ملاءمة لتلك الظواهر.

أما المشتغلون بالمجموعات الضبابية فللغموض[18] في نظرهم معانٍ أكثر شمولًا، حيث ينسبونه أولًا، إلى «الانتقال التدريجي الانسيابي بين حالتي التحقق

---

(18) الغموض، وفقًا لقاموس كامبردج، «خاصية العبارة المقابلة «لحالات متاخمة»؛ أي إن التخوم توجد صعوبة في تطبيق عبارة بعينها على موضوع محدَّد، وفي تحديد قيم صدق بعينها». انظر: Robert Audi, ed., *The Cambridge Dictionary of Philosophy*, 2nd ed. (Cambridge; New York: Cambridge University Press, 1999), p. 945.

أما في دليل أكسفورد، فوجود الموضوعات الغامضة يخالف «الفكرة السائدة أن الواقع نفسه ليس غامضًا، بل الغموض يطال تمثُّلاتنا له». انظر: تد هوندرتش، تحرير، دليل أكسفورد للفلسفة، ترجمة نجيب الحصادي؛ تحرير الترجمة منصور محمد البابور ومحمد حسن أبو بكر؛ مراجعة اللغة عبد القادر الطلحي، 2 ج في 4 مج (بنغازي، ليبيا: المكتب الوطني للبحث والتطوير، 2005)، ج 2، ص 627. وفي الميسَّر في تاريخ المنطق «معظم الأمثلة على المسند الغامض هي التي يبدو فيها تطبيق المسند مبهمًا [...]؛ أي لا وجود للحدِّ الفاصل بين الماصدق الموجب للمسند والماصدق السالب له». انظر: Dov M. Gabbay and John Woods, eds., *Handbook of the History of Logic*, 11 vols. (Amsterdam; Boston: Elsevier, 2004-2012), vol. 8: *The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic*, p. 285.

الفعلي واللاتحقق الفعلي، أو بالعكس، وثانيًا، إلى التداخل بين هاتين الحالتين الكيفيتين، أو بين الكثير من الحالات الممكنة بينهما»[19]. أو التداخل بين الميادين المتعددة. ويصفون به ثالثًا «الحالات التي ربما لا يتفق عليها الأشخاص، في الشروط نفسها، [...] أو التي يختلف استعمالها بالنسبة إلى الشخص نفسه، في سياقات متعددة»[20]. فالتداخل بين الحالات المختلفة للظاهرة نفسها، أو بين ظاهرتين أو أكثر، أو بين ميدانين أو أكثر، يحول دون إمكان الفصل الحاد بينها. وبكلام آخر، ثمة أوضاع مشكوك في إمكان تطبيق العبارة أو المفهوم عليها أو عدمه، لأن التطبيق وعدمه ممكنٌ في الحالتين. فالغموض في ظاهرة «الفقر» ناجم عن عدم إمكان الفصل الحاد بينها وبين «اللافقر» و«الغنى»، و«الفقر إلى حدٍّ ما» و«الفقر المدقع». وعلى المستوى النظري لا يمكن فصل مفهوم «الفقر» عن المفهومين المقابلين له تقابلًا بالتضاد؛ أو تقابلًا بالسلب والإيجاب. ولا تقتصر الحالات المتاخمة على التحقق الفعلي للظواهر فحسب، وإنما تتعلق بالتخوم الزمنية أيضًا، لأنه يصعب غالبًا تعيين هذه التخوم تعيينًا دقيقًا. فالولادة كما الموت، تستغرق زمنًا، قصيرًا أو طويلًا، الأمر الذي يجعل الفصل بين الحياة والموت أمرًا متعذرًا نسبيًا؛ أي يصعب تعيين بداية كلٍّ منهما ونهايته[21]. فإذا كانت ظواهر الحياة والموت مرتبطة بعدد الخلايا الحية، فهل بداية الحياة هي بداية تشكل أول خلية، أم اكتمال تشكل الجنين، أم لحظة الولادة؟ ألا تموت كل يوم آلاف الخلايا في الجسم أو الدماغ وتولد آلاف أخرى؟ هل الشخص في حالة السبات الدماغي حيٌّ أم ميتٌ؟

بناء عليه، يقابل الغموض «لاتحديد من المستوى الأول (First-level

---

(19) Maciej Wygralak, *Vaguely Defined Objects: Representations, Fuzzy Sets, and Nonclassical Cardinality Theory*, Theory and Decision Library. Series B, Mathematical and Statistical Methods; 33 (Dordrecht; Boston: Kluwer Academic Publishers, 1996), p. 5.

(20) Joseph Y. Halpern, «Intransitivity and Vagueness,» Paper Presented at: Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the Ninth International Conference (KR 2004), August 2004, p. 4.

(21) Wygralak, p. 6, and Graham Priest, *An Introduction to Non-Classical Logic: From if to Is*, 2nd ed. (Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2008), p. 464.

(Indeterminacy»[22]، أي لا يمكن تحديد حالات الظاهرة تحديدًا دقيقًا. وبهذا، المفهوم المقابل بالتضاد للغموض هو التحديد أو الدقة الصارمة، لا الوضوح. لذا يمكن أن يسمى مبدأ هايزنبرغ، على المستوى الأنطولوجي، مبدأ اللاتعيين أو اللاتحديد (Indeterminacy Principle)؛ لأنه يحمل دلالات تتعلق بعدم الدقة في تعيين طبيعة الواقع الذي تنظِّر له الكوانتم، أو عدم القدرة على إجراء قياسات دقيقة للمتغيرات المرتبطة بهذه الموضوعات، في الوقت نفسه، لكونها في حالة تغيُّر دائم وتفاعل متبادل في ما بينها، من جهة، وبينها وبين الراصد، من جهة أخرى[23].

إذا كان اهتمام المشتغلين بالمنطق الثُّنائي القيم أو المتعدِّد القيم يقتصر على الجانب النظري فحسب؛ أي على إمكان صدق القضايا وكذبها، أو صحة الاستدلال وفساده، ما جعلهم لا يكترثون بالغموض بوصفه ظاهرة واقعية، فاهتمام المشتغلين بمنطق الضبابية ينصبّ أكثر على الجانب التطبيقي، الأمر الذي جعلهم يركزون اهتمامهم ليس على معالجة البيانات المرتبطة بالظواهر الغامضة فحسب، وإنما أيضًا المرتبطة بالظواهر المعقدة. وما يميز هذه الظواهر هو أنها دينامية كايوسية تتغير تغيرات لاخطية، وتحكمها عوامل غير قابلة للضبط، كما أن سلوكها يختلف عن سلوك عناصرها. وبالتالي، تتطلب معالجتها حذرًا في تفكيكها، وفي معالجة كل واحد من عناصرها، بشكل منفرد. إضافة إلى حساسيتها للشروط الأولية[24]، وتنوع الشروط التي تحكمها والنتائج التي تؤدي إليها الشروط ذاتها، وتناقضها أحيانًا. وتُحدِث التغيرات الطفيفة في الشروط الأولية آثارًا دراماتيكية، على المدى البعيد؛ لأنها تتضخَّم بصورة متكررة، ما يسبب عدم استقرار في المنظومة من جهة، ويوجد أشكالًا جديدة تُعيد تنظيم ذاتها من جهة أخرى[25].

(22) Matti Eklund, «Vagueness and Second-Level Indeterminacy,» *Work in Progress* (September 2008), p. 2.

(23) انظر: أومنيس، ص 203. وانظر هامش الصفحة نفسها، إضافة من المترجمين.

(24) Vladimir Dimitrov, «Use of Fuzzy Logic when Dealing with Social Complexity,» *Complexity International*, vol. 4 (1997), on the Web: <http://www.complexity.org.au/ci/vol04/dimitrov1/dimitrov.htm>.

(25) انظر: فريتجوف كابرا، شبكة الحياة: فهم علمي جديد للمنظومات الحية، ترجمة معين شفيق رومية (دمشق: الهيئة العامة السورية للكتاب، 2008)، ص 170-171.

يتفاعل التعقيد والغموض ويتداخلان في الظواهر ويتبادلان التأثير؛ أي إن التعقيد يزيد الظاهرة غموضًا، ويجعل الغموض الظاهرة أكثر تعقيدًا. لكن ينعكس الغموض والتعقيد في الظواهر في اللايقين على المستوى الإبيستمولوجي. لأن معرفتها، تكون يقينية إلى درجة ما، وغير يقينية إلى درجة أخرى. وهو التعين الثاني للضبابية.

2- اللايقين بوصفه سمة للمعرفة

اليقين[26] (Certainty) - بوصفه مفهومًا مقابلًا للايقين[27] يقابُل الإيجاب والسلب - سمة معرفية للقضايا - مثل المعتقدات والكلام والعبارات - أو خاصية سيكولوجية لمن لا يشك أبدًا في صدقها. فهو متيقِّن مما يعرف، بصرف النظر عن درجة ثقته بتلك المعرفة. والقضية اليقينية، من الناحية المعرفية، تمدُّ صاحبها بضمان لا تمدُّه به أي قضية أخرى[28].

يرى المشتغلون بمنطق الضبابية أن لكل معرفة درجات متباينة من اليقين ودرجات متباينة من اللايقين، يقابلها قيم متباينة من صدق القضايا التي تمثلها. فما أشكال اللايقين التي يهتمون بها؟ وهل يمكن التخلص من هذا اللايقين أو الحدّ منه؟ ما علاقة اللايقين، من جهة بالدقة (Precision) والصحة (Accuracy)[29] من جهة أخرى؟

(26) اليقين نوعان: ذاتي وموضوعي، وهو يحيل إلى الاعتقاد الجازم. ويقابل الشك أو الريبة. انظر: التهانوي، ج 2، ص 1551 و1812، وصليبا، ج 1، ص 630 و705 وج 2، ص 554 و588-589.

(27) يُستَخدم، في العلوم الاجتماعية أيضًا، مصطلح «المعرفة السالبة Negative Knowledge»، ويعني معرفة حدود ما نعرفه. انظر: Michael Smithson, «The Many Faces and Masks of Uncertainty,» in: Gabriele Bammer and Michael Smithson, eds., *Uncertainty and Risk: Multidisciplinary Perspectives*, Earthscan Risk in Society Series (London; Sterling, VA: Earthscan, 2008), p. 15.

(28) Audi, ed., p. 129.

(29) غالبًا ما يترجم (Accurate) و (Precise) بمصطلح واحد هو صحيح أو دقيق، لكنهما مختلفان. ولتوضيح الفرق بينهما، نذكر لعبة رمي القوس والسهم. فالإصابات في الدريئة، صحيحة ومحدَّدة بدقة؛ والبعيدة عن الدريئة وقريبة من بعضها، دقيقة وغير صحيحة؛ والمبعثرة حول الدريئة، صحيحة وغير دقيقة؛ والمبعثرة على محيط الدوائر الخارجية، غير صحيحة وغير دقيقة. ولهذه القيم أهمية في العلوم العسكرية؛ لأن تحديد الهدف يتطلب أن يكون الانحراف في هاتين القيمتين صغيرًا جدًا؛ أي أن يعتمد تحديد الهدف على قيم صغيرة لـ (Inaccuracy Imprecision).

للايقين أو الارتياب مصادر متعددة، أهمها اللايقين اللامعرفي، أو الناجم عن أسباب غير معرفية، أي متغيرات بعضها نظامي (Systematic) وبعضها الآخر عشوائي (Random)؛ واللايقين المعرفي، الذي يتضمن اللايقين الذاتي أو الناجم عن تفاوت الخبرات البشرية، واللايقين المفتقر إلى اكتمال المعرفة (Incomplete)[30]. إضافة إلى اللايقين الناجم عن الغموض والتعقيد المتأصلين في الظاهرة ذاتها. وفي الحالات كلها ثمة تفاعل متبادل بين الذات والموضوع، أو بين عناصر الظاهرة ذاتها؛ أي لا يمكن الفصل بين هذه العوامل، فصلًا حادًا.

اللايقين الناجم عن الغموض هو صعوبة تعيين المتغيرات بدقة صارمة وتعذُّر معرفتها بشكل يقيني. وتزداد الصعوبة بشكل كبير كلما تعقّدت الظواهر أكثر، لأن التنبؤ بالتغيرات اللاخطية فيها يصبح ضعيفًا بدرجة كبيرة. وكلا النوعين من اللايقين لا يمكن الحدُّ منه بزيادة عدد مرات الاختبار؛ لأن التغيرات لا تتكرر على نحو يمكن ضبطها أو تقويمها، وإنما تتطلب مهارة وخبرة لتعيينها. ومن ثم، لا تتطلب الظواهر الغامضة والمعقدة دقة أو تحديدًا صارمًا، بل إتقانًا في التمثيل. وهذا النوع من اللايقين لا يمكن للنظرية الاحتمالية حسابه. وبينما يُؤدي اللايقين الناجم عن عوامل نظامية إلى الأثر نفسه في النتيجة، بصورة منتظمة، في كل تكرار للقياس - لذا لا يضيف التكرار شيئًا إلى حساب الارتياب - يفضي اللايقين الناجم عن عوامل عشوائية إلى نتائج تنحرف عشوائيًا. وللحدِّ من هذا الارتياب يُكرر عادة القياس وحساب متوسط القيم المقاسة[31]. فإذا كان انحراف القيم المقاسة في الدرجة أطلِق عليه اللاصحة (Inaccuracy)؛ أي مدى انزياح هذه القيم عن القيمة الصحيحة، أو مدى اقترابها منها، أما إذا كان في النوع فيشير إلى اختلاط قيم إضافية بالقيمة المقاسة، مثل الضجيج الذي يفضي إلى إرباك في الحكم[32]. إذ تؤدي زيادة قيمتي الانحراف في الدرجة والنوع إلى زيادة قيمة اللايقين، والعكس

---

(30) Denise Margareth [et al.], «Probabilistic and Fuzzy Arithmetic Approaches for the Treatment of Uncertainties in the Installation of Torpedo Piles,» *Mathematical Problem in Engineering* (2008), pp. 11-13.

(31) Stephanie Bell, «A Beginner's Guide to Uncertainty of Measurement,» *Measurement Good Practice Guide*, no. 11, Issue 2 (1999), p. 9.

(32) Michael Smithson, «Psychology's Ambivalent View of Uncertainty,» in: Bammer and Smithson, eds., p. 208.

بالعكس. لكن لا يُطلب دومًا أن تكون القيم المقاسة قريبة من القيمة الصحيحة، بالدرجة نفسها. فالأمر يتعلق بالغرض أو الهدف المراد تحقيقه[33] الذي يحدد اختيار أداة القياس والسماحية المقبولة؛ أي الحدّ الأدنى والحد الأعلى المسموح بهما للانحراف عن القيمة الصحيحة. وبما أن الانحراف في الدرجة يرتبط بالخطأ النظامي في أجهزة القياس وبتفاوت الخبرة البشرية في تحقيق الهدف، يعتمد اختيار أداة القياس والخبرات المطلوبة على الغاية المراد تحقيقها.

أما اللايقين المعرفي، أو المرتبط بأسباب معرفية، فمنه ما هو ناجم عن عدم اكتمال المعرفة، أو «عدم كفاية المعلومات المتاحة للتطبيق المحدَّد للمصطلح أو لعدم تطبيقه [...] لكنه يتضاءل بزيادة المعلومات عن الحالة المدروسة»[34]. وبالمثل، فإن للايقين المعرفي صورتين، تتعلق الأولى بعدم الاكتمال في النوع، وتسمى في هذه الحال غيابًا أو نقصًا؛ وتتعلق الثانية بالدرجة، وفي هذه الحال تكون منطوية على الاحتمال والالتباس[35]. ويمكن الحدُّ من هذا اللايقين، في صورتيه، بمزيد من المعرفة واستخلاص المعلومات الأقرب إلى الصحة. ومن الممكن هنا للنظرية الاحتمالية حساب العوامل أو المتغيرات العشوائية بالاعتماد على حساب إحصائي للانحراف المعياري للمتغيرات المقاسة.

أما اللايقين المعرفي المرتبط بتفاوت الخبرات بين البشر فيحيل على مفهوم الإتقان في إنجاز العمل. ويكشف هذا النوع عن الفروق الفردية بين البشر؛ أي الاختلافات الممكنة بين الخبراء في تقويم الظاهرة نفسها. ويهتم منطق الضبابية بهذه الأشكال كلها من اللايقين.

---

(33) لو أردنا معرفة وزن سلعة ما، نختار الميزان الملائم من حيث المجال والصحة والسماحية («Tolerance»)، وهو المصطلح ذاته المقابل للتسامح بالمعنى الديني أو الفكري، وتجنبًا للبس، استخدمنا السماحية). فالحدان الأدنى والأعلى المسموح بهما للانحراف عن القيمة الصحيحة عند معرفة وزن قطعة من الذهب، ربما يكونان (1±ملغ)؛ أي ينبغي ألا تزيد القيمة المقاسة على القيمة الصحيحة بأكثر من (1 ملغ) ولا تقلّ عنها بأقل من تلك القيمة؛ لأن الزيادة أو النقصان عن تلك القيمة تصنع فرقًا، بينما ربما تتجاوز هذه السماحية في ميزان الخضر (50±غ)، وربما تتجاوز في قبان الحبوب (5±كغ). لذا، لا يُوزَن الذهب بميزان الخضر، ولا تُوزَن الخضر بقبان الحبوب.

(34) Audi, ed., p. 945.

(35) Smithson, «Psychology's Ambivalent View,» p. 208.

يحصر ليندلي[36] اللايقين أو الحكم اللايقيني في كونه يعبّر عن طريقة «الذات» في تقدير عوامل اللايقين وحسابها؛ أي اللايقين هو شخصي[37] أو فردي[38]. ومن الصعب قبول هذا الرأي؛ لأن اللايقين ينطوي على جوانب ذاتية وموضوعية. وعلى الرغم من صعوبة الفصل بين الجانبين، فإن للجوانب الموضوعية الناجمة عن غموض الظواهر وتعقيدها أثرًا أكبر من تلك المرتبطة بتفاوت الخبرات بين البشر، التي تنعكس في إتقان العمل.

إذا كان الغموضُ يحيل على اللاتحديد من المستوى الأول، يُحيل اللايقين على «اللاتحديد من المستوى الثاني (Second-level Indeterminacy)»؛ أي على المستوى الإبيستمولوجي. وفيه تخرج العبارات أو القضايا عن الأحكام اليقينية الصارمة، فيتعذّر الحكم عليها بأنها إما صادقة وإما كاذبة[39]. وهنا، يمكن أن يسمى مبدأ هايزنبرغ، على المستوى الإبيستمولوجي، مبدأ اللايقين؛ لكونه يحيل على عدم الدقة في معرفة خصائص الموضوعات في عالم الكوانتم[40].

يتضح مما سبق، أن ثمة ارتباطًا بين مفهوم اليقين في المعرفة والدقة في التحديد. وبالتالي، نُظِرَ إلى المعرفة اليقينية على أنها المكتملة والأكثر دقة، في مقابل المعرفة اللايقينية باعتبارها غير مكتملة، وأقل دقة. لكن، أيهما أشدّ أهمية،

---

(36) دينيس ليندلي (Dennis Lindley) (1923-2013): رياضي بريطاني. شغل منصب بروفيسور في الإحصاء ورئيس قسم الإحصاء بين عامي (1967 و1977)، في جامعة University College London كلية العلوم الرياضية والفيزيائية. يعدُّ من أشدِّ أنصار نظرية الاحتمالات القائمة على مبرهنة بييز (Bayesian Theorem) بوصفها طريقة إحصائية تساعد في اتخاذ القرار اعتمادًا على معرفة احتمالات الحالات المختلفة المتوقع حدوثها. ثمة جائزة تحمل اسمه (Lindley Prize) تمنحها جمعية International Society for Bayesian Analysis عن البحوث المبتكرة في مبرهنة بييز، تكريمًا لمساهمات ليندلي في تطبيق هذه المبرهنة. كما أنه من معارضي نظرية الضبابية. من أعماله *Understanding Uncertainty* (2006). انظر الموقعين الإلكترونيين: <http://bayesian.org/awards/LindleyPrize.html>, and <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/568111/Bayesian-analysis>.

(37) ويؤكد ذلك مرارًا على مدى صفحات الكتاب قائلًا: اللايقين لايقينك أنت (Your Uncertainty).

(38) Dennis V. Lindley, *Understanding Uncertainty* (Hoboken, NJ: Wiley, 2006), p. 242.

(39) Eklund, p. 2.

(40) انظر: أومنيس، هامش ص 203، إضافة من المترجمين.

للمشتغلين بمنطق الضبابية، اليقين في المعرفة أم الإتقان في تمثيلها؟ ما علاقة اللايقين بالدقة؟ وهل محاولات التخلّص من اللايقين في المعرفة مجدية أو ممكنة؟ لماذا تزايد الاهتمام باللايقين، في معظم ميادين البحث؟

كانت غاية العلم حتى نهاية القرن التاسع عشر هي الوصول إلى أكبر قدر من الدقة. لكنّه تحوَّل، منذ مطلع القرن العشرين، إلى الإعلاء من شأن الإتقان والجودة على حساب الدقة الصارمة. فانقلب مسعى التخلص من اللايقين إلى ما يكافئ التخلص من الغموض. من هنا، انصبَّ اهتمام المشتغلين بمنطق الضبابية على درجات اليقين في المعرفة ودرجات الصدق في القضايا. وجسّدت رؤية المدافعين عن اليقين ميلًا إلى الماهية الثابتة وتمسكًا «بمبدأ الهوية». وهي رؤية تعزز استبعاد طرف لمصلحة الطرف الآخر؛ ولا ترى في اللايقين إلا عجزًا فينا أو في أدواتنا، بينما تجسد الرؤية الضبابية انحيازًا إلى الصيرورة والتغير والتعدد.

لذا، لم يعد للايقين دومًا معنى النقص في المعرفة، وإنما أصبح قدرًا ما من الزيادة أو النقصان يُضاف إلى القيم المقاسة، ويعكس العوامل المختلفة الموضوعية والذاتية[41]. فالأقل يقينًا يتطلّب إتقانًا أكبر، والأكثر يقينًا هو الأكثر دقة. وهذا القدر من الزيادة والنقصان المضاف إلى النتيجة، يعطيها مصداقية أعلى وتمثيلًا أفضل. وإذا كانت العلاقة عكسية بين الإتقان واليقين، فإنها طردية بين الإتقان واللايقين. وإذا كان اللايقين سمة ملازمة للمعرفة، فإن تلك المعرفة تمثّلها اللغة بوصفها مجموعة قضايا ومفاهيم مختلفة. ويجعل هذا التمثيل اللغة، في بعض الأحوال، تثير الالتباس في الذهن. والـمُلتبس هو التعيُّن الثالث للضبابية.

3 - الالتباس بوصفه سمة للغة

ترتبط مشكلة الالتباس[42] (Ambiguity) بفهم دلالات الكلام والعبارات. وهذه المشكلة ناجمة عن أسباب ربما تكون ذاتية؛ أي عدم الكفاءة في الفهم

(41) Philippe Smets, «Theories of Uncertainty,» *HbkFuzComp* (Université Libre de Bruxelles) (27 July 1999), pp. 2-5.

(42) يميز صليبا الالتباس الحقيقي من الآخر الذهني، الأول يدل على اختلاط عناصر الشيء، ما يجعل فصل بعضها عن بعض غير ممكن؛ والثاني ناجم عن عجز الذهن عن التمييز بين هذه العناصر. انظر: صليبا، ج 1، ص 116.

أو عدم المعرفة بقواعد اللغة ومفرداتها، أو عن أسباب ربما تكون مرتبطة بالموضوع؛ أي صعوبة في تفكيك معانيه ودلالاتها؛ لكون الموضوع غير مألوف أو غير معروف، أو ينطوي على دلالات مختلفة باختلاف سياقات استخدامه. وربما تنجم عن اختلاف قواعد السيمانطيقا (Semantic) والتراكيب النحوية، في حال ترجمة النصوص من لغة إلى أخرى.

إن الالتباس في اللغة عمومًا غير منفصل عن الغموض واللايقين؛ فربما يفضي الغموض في الظاهرة واللايقين في المعرفة إلى تعدد آراء الخبراء أو تناقضها. ويظهر هذا التعدد في الآراء، بشكل أكبر، في الظواهر الإنسانية والاجتماعية. وبالتالي، يصبح الحكم على بعض القضايا المرتبطة بها، بالصدق أو بالكذب، أمرًا متعذرًا، ويكون الحكم الأكثر تعبيرًا هو أنها صادقة إلى درجة ما، وكاذبة إلى درجة أخرى، أو أنها صادقة وكاذبة، في آنٍ واحد، وفي الوقت نفسه؛ أي إن هذه القضايا لا تنتقل من الصدق المحض إلى الكذب المحض مباشرة، أو أنها لا تنقلب إلى نقيضها، بشكلٍ مفاجئ.

في هذا الإطار، يمكن التمييز بين مفاهيم عدة تُستخدَم أحيانًا بوصفها مترادفات، مثل الالتباس والاشتراك في اللفظ (Equivocal) والتعميم (Generality). فالالتباس نوع من الإبهام يسمح بالفهم بأكثر من طريقة وفقًا للسياق اللغوي[43]. في حين أن الاشتراك في اللفظ خاصية الكلمة أو العبارة التي تحيل على معنيين متمايزين[44]. أما التعميم فهو الحكم الكلي الذي نصل إليه بالاستنتاج أو الاستقراء. ويكون هذا الحكم صادقًا أو كاذبًا، لكنه ليس متناخمًا[45]. فالتعميم[46] والاشتراك في اللفظ لا ينطويان على تدرُّج.

أما تعيين مجال للمفهوم ذي حدين أدنى وأعلى، فلا يجعل منه مقابلًا لواقعة

(43) انظر: هوندرتش، تحرير، ج 2، ص 835.

(44) المصدر نفسه، ج 2، ص 627.

(45) Audi, ed., p. 945.

(46) ربما ينطوي التعميم - بوصفه مفهومًا يجمع بين الصفات المشتركة للماصدقات - على تدرج. فقيمة انتماء «الكوخ» إلى مجموعة «بيت» ليست كقيمة انتماء «فيلا».

غامضة، وإنما يجعله مفهومًا متعدد القيم[47]، فللأول قيمتان للانتماء فقط؛ أي انتماء مطلق إذا كان ضمن حدي المجال، ولاانتماء مطلق خلاف ذلك؛ بينما للمفهوم المقابل للغموض قيمٌ غير نهائية للانتماء ضمن [0،1].

للالتباس علاقة مجازية بالتضارب في المعلومات. ومع أن الاستجابة لهما تكون غالبًا متشابهة، إلا أن المعلومات الملتبسة والمتوافقة مفضَّلة على الواضحة والمتضاربة أو المتناقضة؛ لأن التضارب ربما يكون ناجمًا عن اللايقين غير المرغوب فيه[48]. فالالتباس، بهذا المعنى، إبهام وعدم وضوح في المعلومات، في حين أن التضارب هو أحد أشكال أو درجات اختلاف آراء الخبراء.

أما الالتباس في اللغة الطبيعية الذي يهتم به منطق الضبابية فهو ما يسمح بتعدد الأفهام والتقريب، وفقًا للغرض المراد تحقيقه. ففي اللغة الطبيعية، ليس للحقيقة طبيعة مطلقة، وإنما تكتسب هذه اللغة صفات النسبية والتقريب كلها. وبذلك يمكن إضافة ألفاظ تعدِّل أو تقيِّد درجة صدق القضايا. وبكلام آخر، تمكِّن هذه الألفاظ من التعبير عن قيم صدق القضايا بصورة أكثر ملاءمة. فتكون القضايا المعدولة أكثر أو أقل قربًا من الصدق الكامل. وهذا يسمح بالقول إن منطق اللغة ليس منطقًا ثنائي القيم، بل متعدد أو غير متناهي القيم. إنه منطق الأكثر والأقل قربًا أو بعدًا عن الدرجة المطلقة للصدق أو الكذب[49].

وصفة التقريب والنسبية تنفي صفة الإطلاقية عن اللغة. فللقضايا أجزاء من درجة الصدق، تعدِّلها الألفاظ المضافة بالزيادة أو النقصان. فلو كانت القضية «أطفال سورية أقلُّ سعادة من أطفال فلسطين» صادقة قليلًا، والقضية «أطفال سورية أكثرُ شقاء من أطفال فلسطين» صادقة تقريبًا، فإن قيمة صدق القضية الأولى أدنى من قيمة صدق القضية الثانية؛ لأن اللفظ «قليلًا» يمكن أن يُفهَم على أنه أدنى من اللفظ «تقريبًا»، على مقياس الصدق. وبالتالي، فكلتا القضيتين صادقة، لكن

---

(47) Gabbay and Woods, eds., pp. 285-286.

(48) Smithson, «Psychology's Ambivalent View,» p. 209.

(49) انظر: روبير مارتان، في سبيل منطق للمعنى، ترجمة الطيب البكوش وصالح الماجري (بيروت: المنظمة العربية للترجمة، 2006)، ص 38، 222-223 و287.

لكلٍّ منهما قيمة صدق مختلفة عن قيمة صدق الأخرى. ويتضح مفهوم قيم الصدق لتلك الألفاظ، بشكل أكبر، عند الحديث عن المتغيرات اللغوية ودرجات الإمكان، في الفصل الثالث.

في ضوء ما تقدَّم، يتبيَّن أن للضبابية تعينات متعددة تتمثل في غموض الواقع وتعقيده ولايقين المعرفة والتباس اللغة. ولما كانت هذه المفاهيم لا توجد إلا متداخلة، فالفصل بينها لا يزيد على كونه إجراء منهجيًا ضروريًا. وسواء تعلّق الأمر بالغموض أم باللايقين أم بالالتباس، فالتغيُّر الانسيابي والتداخل هما ما تستطيع المجموعات الضبابية أن تمثّلانه، خصوصًا في ميدان العلوم الإنسانية والاجتماعية؛ لكون الظواهر فيها، على الأغلب، أكثر تداخلًا وتشابكًا وأشد تعقيدًا من الظواهر الطبيعية.

غير أن اختلاف النظر إلى هذه المفاهيم جعل بعض المشتغلين بالعلوم، خصوصًا بالمنطق والرياضيات، يحكم بعدم الحاجة إلى منطق الضبابية[50]،

(50) واجه منطق الضبابية في بداياته حتى أواخر الثمانينيات، مثل أي فكرة جديدة، انتقادات حادة، خصوصًا من أنصار نظرية الاحتمالات. وفي مقالة بعنوان «Is there a Need for Fuzzy Logic?» في عام 2008، يكشف زاده، مؤسس النظرية الضبابية، عن الانتقادات التي ظهرت مع ظهور هذا المنطق، من دون أن يشير إلى وجود انتقادات أحدث. وربما يكون هذا مؤشرًا على عدم وجود نقد جوهري، عمومًا، ومن المناصرين لنظرية الاحتمالات خصوصًا. وهذه الانتقادات أربعة أساسية: أولها في عام 1972 لرودولف كالمن (Rudolf Kalman) يقول: إن مفهوم «الضبابية» ليس علميًا وليس دقيقًا، بل هو أقرب إلى الخيال أو الحلم. وما دامت نظرية الاحتمالات تستخدم التفكير الدقيق وتعطي نتائج في أوضاع لايقينية، فهل يمكن للنظرية الضبابية المستندة إلى تصورات ضبابية أن تقدم نتائج أفضل مما قدمته نظرية الاحتمالات؟ ويجيب: ليس هناك أيُّ دليل على ذلك. وثانيها في عام 1974، لسوزن هاك (Susan Haack): ما دام أي من المناقشات التي قُدِّمت لم يلقَ قبولًا، فلسنا بحاجة إلى منطق الضبابية؛ وثالثها، في عام 1975، لـويليم كاهان (William Kahan): إن النظرية الضبابية خاطئة وتشجع على التفكير المنفلت واللامنطقي، والتكنولوجيا الجيدة تحتاج إلى تفكير أكثر صرامة وليس العكس. ورابعها، في عام 1986، لدينيس لاندلي (Dennis Lindley) نظرية الاحتمالات هي الوحيدة القادرة على معالجة اللايقين، وأي أداة أخرى هي خاطئة. ويتمحور ردُّ زاده حول رأي يؤكد فيه أن هذه الانتقادات كلها لا تزيد على كونها فهمًا خاطئًا لطبيعة منطق الضبابية. وهو محق في رأيه، إلى حدٍّ كبير. فمنطق الضبابية لم يعد حلمًا بعيد المنال، بل أصبح واقعًا، كما أن التكنولوجيا الجيدة لا تحتاج إلى صرامة أكثر، بل إتقانًا في الإنجاز وفق متطلبات الجودة. كما أن النظرية الضبابية تشجع على التفكير المنفتح والحر. أما الحكم بالخطأ على أي أداة أخرى لمعالجة اللايقين فينطوي على نزعة استبعادية لا يؤيدها المشتغلون =

ما دامت نظرية الاحتمالات تقدِّم نتائج دقيقة إلى حدٍّ بعيد، وأثبتت نجاحها في معظم ميادين البحث العلمي. لكن انتشار هذا المنطق في عدد من التطبيقات التقنية والفوائد الكبيرة التي حققها في تلك الميادين، يكشف عن أهميته في معالجة البيانات المتعلقة بظواهر غامضة ومعقدة، يتعذَّر على نظرية الاحتمالات معالجتها. لذا، لا بد من التمييز بين هذه النظرية والنظرية الضبابية، لنبيِّن أوجه الشبه الظاهرية بينهما التي جعلت كثيرين يحكمون أن النظرية الضبابية ليست إلا نظرية الاحتمالات في إهاب جديد.

ثانيًا: نظرية الاحتمالات والنظرية الضبابية

أصبحت نظرية الاحتمالات[51]، منذ بداية القرن الثامن عشر، أداة مهمة في معالجة البيانات في الكثير من الفروع العلمية. وترجع هذه الأهمية إلى كونها تمكِّن الباحثين في الميادين المختلفة من معالجة البيانات المرتبطة بالظواهر المدروسة، أو حساب احتمالات وقوع الحوادث بطرائق إحصائية، والتعبير عن النتائج، على نحو أدق، ما يسمح بالتنبؤ ببعض الحوادث قبل وقوعه، بهدف التحكم به والسيطرة عليه. وربما شكَّل هذا الحساب فرعًا مهمًا من فروع الإحصاء الرياضي، واتسعت أهميته ليشمل استخدام هذه النظرية جميع الفروع المعرفية، بما فيها الإنسانية والاجتماعية.

كان لاستخدام نظرية الاحتمالات في الظواهر الفيزيائية، خصوصًا الكوانتية، أهمية كبيرة في معرفة الكثير من خصائص تلك الظواهر. لكن اختلاف قوانين الفيزياء الكوانتية وطبيعة الظواهر فيها عن قوانين الفيزياء الكلاسيكية وظواهرها غيَّر دلالة نظرية الاحتمالات أيضًا. ففي الفيزياء الكلاسيكية ارتبط الاحتمال بعجز

= بمنطق الضبابية، فضلًا عن أن نظرية الاحتمالات لا تستطيع معالجة البيانات المتعلقة بالظواهر الغامضة والمعقدة. انظر: Lotfi A. Zadeh, «Is there a Need for Fuzzy Logic?,» *Information Sciences*, no. 178 (2008), pp. 2752-2779.

(51) المحتمل (Probable) أو المرجح أو الجائز تستخدم بوصفها مترادفات. ويميز صليبا الجائز المطلق من الجائز النسبي. الأول جائز في المستقبل، ووقوع الحدث رهن بشروط تحققه، والثاني جائز بالقياس على قوانين الطبيعة. انظر: صليبا، ج 1، ص 385-386.

الذات عن المعرفة اليقينية بأسباب الظاهرة؛ أي بالقدرة المحدودة للذات على بلوغ المعرفة اليقينية. والمعرفة الاحتمالية هنا بديل من المعرفة اليقينية. أما في الفيزياء الكوانتية فأصبح يُنظَر إلى الاحتمال على أنه «موضوعي» أيضًا؛ أي يرتبط بطبيعة الموضوع ومعرفته. ذلك لأن لعالم الكوانتم سلوكًا عشوائيًا يصعب تحديد أسبابه بدقة. فالاحتمال هنا انعكاس للطبيعة الجوهرية العشوائية المتأصلة في هذا العالم[52]. وبينما اقترن الاحتمال في الفيزياء الكلاسيكية بالذات، صار للاحتمال في الفيزياء الكوانتية دلالة أعمق؛ نظرًا إلى التفاعل المتبادل بين الموضوعات فيها من جهة، وبين الموضوعات والراصد من جهة أخرى.

إذا كانت نظرية الاحتمالات قد أثبتت فاعليتها وفائدتها في عدد من ميادين المعرفة العلمية، فذلك يعود إلى أنها «تسمح بالتنبُّؤ بتكرار وقوع بعض الحوادث خلال الزمن»[53] في العلوم التجريبية، أو بمعرفة تكرار أحد المتغيرات عند تحليل البيانات في العلوم الإنسانية والاجتماعية أو شبه التجريبية. وينطبق هذا الأمر أيضًا على إمكان التنبُّؤ باحتمالات الموضوعات الكوانتية. لأن في وسعنا تكرار التجربة مرات عدة بما يسمح، عن طريق حساب إحصائي، تأكيد أن تواتر نتائج معينة يوافق الاحتمالات المتوقّعة أو المتنبّأ بها[54]. وذلك استنادًا إلى قياس بعض المتغيرات وحساب بعضها الآخر.

تؤكد الفيزياء الكوانتية أنه «بصرف النظر عن كون ملاحظاتنا عن الوضع الراهن شاملة، فالماضي - الذي لا يمكن ملاحظته - هو، كما المستقبل، غير محدَّد بشكل قطعي، وكلاهما موجود على صورة طيف من الممكنات»[55]. وتمثّل الاحتمالات نسب وقوع الحدث من الناحية النظرية، وبذلك تصف ما هو ممكن الحدوث، أو ما تكرَّر حدوثه. وهذه هي حدود النظرية. لكن ثمة وقائع

---

(52) انظر: أومنيس، ص 201، و Stephen Hawking and Leonard Mlodinow, *The Grand Design* ([New York: Bantam Books], 2010), pp. 73-74 and 80.

(53) John Tabak, *Probability and Statistics: The Science of Uncertainty*, Facts on File Math Library. History of Mathematics (New York: Facts on File, 2004), p. xiv.

(54) Hawking and Mlodinow, p. 73.

(55) المصدر نفسه، ص 82.

فردية غير متكررة. وبالتالي تبقى هناك فجوة بين الاحتمالات التي تفترضها النظرية وإمكانات تحققها الفعلي في الواقع.

في ضوء ما سبق، تبرز الحاجة إلى المقارنة بين النظرية الضبابية ونظرية الاحتمالات، والكشف عن أوجه الاختلاف بينهما، وإن بدا هناك تشابه فلا يزيد على كونه ظاهريًا. ونركز في هذا المبحث على أوجه التشابه بين النظريتين. أما الفروق فنذكرها بإيجاز، على أن تشرح مفصلة، في الفصلين الثالث والرابع.

1 - النسب الاحتمالية وقيم الانتماء إلى المجموعة الضبابية

يكمن التماثل الظاهري الأول في أن كلتا النظريتين تعطي نتائجها ضمن المجال [0.1]. ذلك أن النسب المئوية الاحتمالية تراوح بين الحدث الأكيد (1) أو 100 في المئة، والحدث المستحيل (0)، أو 0 في المئة، وكل ما بينهما من احتمالات ممكنة. ففي لعبة أحجار النرد، يمكن التنبؤ باحتمال وقوع الحدث الموافق لأن نحصل على «الأعداد الزوجية»، أو «الأعداد الفردية» قبل رمي حجر النرد، فاحتمال وقوع كل من الحدثين، نظريًا أو حسابيًا، هو (0.5=3/6)؛ أي نسبة عدد المرات التي يمكن أن يقع فيها الحدث -«الأعداد الزوجية» أو «الأعداد الفردية» - إلى المجموع الكلي لعدد المرات أو الحوادث؛ أي أرقام الوجوه الستة لحجر النرد. واحتمال وقوع الحدث المقابل لأي رقم هو (0.1666....=1/6). لكن بعد رمي الحجر يصبح كل شيء معروفًا[56]. وتدلُّ هذه النسب على أرجحية وقوع الحدث، الأمر الذي يسمح بالتنبؤ بالحالات بالقياس على النسب الاحتمالية لوقوعها.

لكنَّ السؤال: إذا تحقَّق وقوع الحدث الموافق لـ «العدد الزوجي»، فهل يثبت وقوعه بالفعل، صحة الاحتمال النظري (50 في المئة)، ويثبت عدم وقوعه كذب هذا الاحتمال؟ إذا كان الجواب بالإيجاب، فيمكن الادعاء أنه يثبت أيضًا صحة الاحتمال النظري (55 في المئة) أو (90 في المئة) أو حتى (100 في المئة) أو أي نسبة احتمالية أخرى. كما يمكن الادعاء أنه يثبت كذب هذا الاحتمال أو أي

(56) Masao Mukaidono, *Fuzzy Logic for Beginners* (Singapore; River Edge, NJ: World Scientific, 2004), p. 42.

احتمال آخر في حال عدم تحققه. لذا، كثيرًا ما تُعزى إلى وقوع حدثٍ ما نسبة كبيرة، من دون أن يتحقق الحدث، أو تُعزى إليه نسبة صغيرة ومع ذلك يتحقق.

أما إذا كان حساب الاحتمال يستند إلى بيانات جُمعت بالقياس التجريبي أو شبه التجريبي، فالنسب الاحتمالية مؤشر على تكرار الحدوث، بالقياس على العينة ككل. فلو قلنا «نسبة المدخنين في سورية 20 في المئة». فهذا يعني نسبة تكرار عدد المدخنين إلى عدد السكان، أو إلى العينة التي جرى انتقاؤها. ويعني بلغة المجموعات، أن 20 في المئة من السكان ينتمون إلى مجموعة المدخنين، يقابلهم 80 في المئة ينتمون إلى مجموعة غير المدخنين، والمجموعتان متخارجتان. ومع أن النِسب الاحتمالية تقع ضمن المجال [0،1]، إلا أنها تحيل على قيمتين فقط: الانتماء المطلق واللاانتماء المطلق، ويقابلهما الواحد والصفر. وهذا ما لا ينطبق على النظرية الضبابية.

في المقابل، تختلف دلالة قيم الانتماء - الواقعة ضمن المجال نفسه - في النظرية الضبابية، عن دلالة النسب الاحتمالية؛ إذ تمكّن هذه القيم من المقارنة بين انتماء الأعضاء إلى المجموعة الضبابية ومجموعاتها الفرعية، وإلى المجموعة المتممة للمجموعة نفسها؛ أي تقارن ما إذا كانت قيمة انتماء أحد الأعضاء إلى المجموعة الضبابية أكبر من قيمة انتماء عضو آخر إلى المجموعة نفسها[57]. وهذه القيم لا تمثل «إجماعًا في الآراء، ولا احتمالًا للاعتقاد»[58]. إذ لو أردنا الحكم على «من يبلغ طوله 180 سم»، بلغة المجموعة الضبابية، فيمكن أن ينتمي إلى مجموعة «طويل» بجزء من الدرجة [0,75]. عندها يكون انتماؤه إلى مجموعة «طويل جدًا» بجزء آخر من الدرجة [0,56]، وإلى مجموعة «طويل، إلى حدٍّ ما» بجزء من الدرجة [0,78]، وإلى مجموعة «غير طويل» بجزء من الدرجة [0,25]. أما بلغة الاحتمالات فلا يمكن القول احتمال أنه طويلٌ بنسبة (75 في المئة) ولا طويلٌ بنسبة (25 في المئة). وبالتالي، القول

---

(57) Michael Smithson, «Fuzzy Set Inclusion: Linking Fuzzy Set Methods with Mainstream Techniques,» *Sociological Methods and Research*, vol. 33, no. 4 (May 2005), p. 433.

(58) Lotfi A. Zadeh, «The Birth and Evolution of Fuzzy Logic,» *International Journal of General Systems*, vol. 17, nos. 2-3 (1990), p. 100.

إن نظرية الاحتمالات تستخدم المجال نفسه الذي تستخدمه النظرية الضبابية، لا يدلُّ على أن لهما المعنى ذاته.

غير أن هناك فرقًا آخر أكثر أهمية بين النظريتين هو أن نظرية الاحتمالات تشترط أن يكون مجموع النسب الاحتمالية التي تضعها لوقوع الحوادث، أو لأثر المتغيرات في النتيجة، مساويًا للواحد. وبينما يرى أنصار هذه النظرية في ذاك الشرط نقطة قوة، يراه أنصار منطق الضبابية أحد نقاط الضعف. إذ يذهب المدافعون عن هذه النظرية إلى أن معرفة احتمال وقوع حدث ما يمكّننا من معرفة احتمالات الحوادث الأخرى المرتبطة بالظاهرة[59]. ويعترف ليندلي أن الحرية في تعيين احتمال حدث ما تؤدي إلى وضع قيود على تعيين الحوادث المكمِّلة إلى الواحد. لكنَّه يرى، في المقابل، أن هذا التطبيق أنموذجي في أي قاعدة؛ لأن إمكان تحقق حدث ما يستدعي مباشرة إمكان تحقق الحدث المكمِّل له. وهذا يشجع بدوره على التفكير في إمكانات عدة على الرغم من تعذُّر حصرها كلها[60].

يمكن، في هذا الصدد، ملاحظة نقاط عدة: **أولاها** إن هذا الشرط ينطبق على الحوادث المنتهية التي يمكن حصر احتمالاتها، مثل سحب كرة عشوائيًا أو رمي حجري النرد، لكنه لا ينطبق على الحالات المتعلقة بظواهر تنطوي على إمكانات مفتوحة لا يمكن التنبؤ بها. وبالتالي، فالتدليل[61] على صحة هذا الشرط ينبغي ألا يكون على الحوادث المنتهية، كما يفعل أكثر المشتغلين بنظرية الاحتمالات؛ لأنه لا يمكن حصر احتمالات وقوع الظواهر الإنسانية والاجتماعية كلها، مثل النمو السكاني أو تغيُّر معدلات الخصوبة أو تغيُّر أعداد الفقراء أو معدل الهجرة أو معدل الوفيات ... إلخ. وثانيتها إن الحرية التي تمنحها نظرية الاحتمالات في تعيين احتمال حدث ما لا تشجع على التفكير في إمكانات عدة، كما يدَّعي ليندلي، وإنما على العكس، تفضي إلى تضييق اختيار إمكانات أخرى واختزال لإمكانات

---

(59) Tabak, p. 67.

(60) Lindley, *Understanding Uncertainty*, pp. 40 and 241.

(61) اقتصرت مناقشة ليندلي، في كتابه، على أمثلة بسيطة، في معظمها سحب كرة عشوائيًا. انظر: المصدر نفسه.

غير قابلة للتنبؤ. وثالثتها إن حذف أو إضافة، أي احتمال، لسبب أو آخر، يغير في النسب الاحتمالية كلها؛ أي إن تغيير أحد الاحتمالات يتبعه بالضرورة تغيير في الاحتمالات الأخرى، كي يحافظ مجموعها على تحقيق هذا الشرط. ورابعتها إن زيادة عدد الاحتمالات أو عدد المتغيرات يزيد من تعقيد العمليات الحسابية، وبالتالي يزيد من الجهد والوقت اللازمين لإنجازها.

يؤكد أنصار منطق الضبابية أنه على الرغم من أهمية الاحتمالات في إعطاء نتائج معقولة، في الكثير من الحالات، إلا أنها تخفق في حالات أخرى في إجراء الحسابات الضرورية خلال وقت ملائم. إذ ربما يتطلب التنبؤ ببعض الحوادث وإعطاء النتيجة، وقتًا طويلًا يكون الحادث قد وقع فيه، حيث يمكن لكمبيوتر عالي السرعة التنبؤ باتجاه الإعصار، استنادًا إلى عمليات حسابية معقدة، لكن ربما يمر الإعصار قبل أن ينتهي الكمبيوتر من عملياته الحسابية[62]. فعدم تحديد الاحتمالات الممكنة كلها، يجعل أي حساب معقد عديم الجدوى، فضلًا عن أن بذل المزيد من الوقت والجهد والتكلفة غير مرغوب فيه، الأمر الذي يجعل تلك النظرية غير كافية، في حالات كثيرة، ولا بد من أداة أخرى أكثر كفاءة.

في المقابل، لا تضع النظرية الضبابية مثل هذا الشرط. بل يمكن العضو الواحد أن ينتمي إلى أكثر من مجموعة ضبابية في الوقت نفسه، وإلى أيٍّ من المجموعات الفرعية للمجموعة الضبابية. ومجموع قيم انتمائه ربما يساوي الواحد، أو يكون أكثر منه أو أقل. والتحرر من هذا الشرط يسمح بتغيير قيم الانتماء إلى كل مجموعة فرعية ضبابية على حدة من جهة، ويدلُّ على الانفتاح على الخيارات الممكنة كلها القابلة وغير القابلة للتنبؤ.

بناء عليه، لم تستبدل نظرية الاحتمالات بالتصور التقليدي للعالم - بوصفه مليئًا بالثنائيات - تصورًا جديدًا، ولم تحاول مواجهة هذا العالم، بل كل ما فعلته هو أنها أظهرت الرهان عليه وبه. وما زال مبدأ الثالث المرفوع صحيحًا في نظرية الاحتمالات، ويُعبّر عنه بالقضايا الاحتمالية على النحو: إما ستمطر في الغد

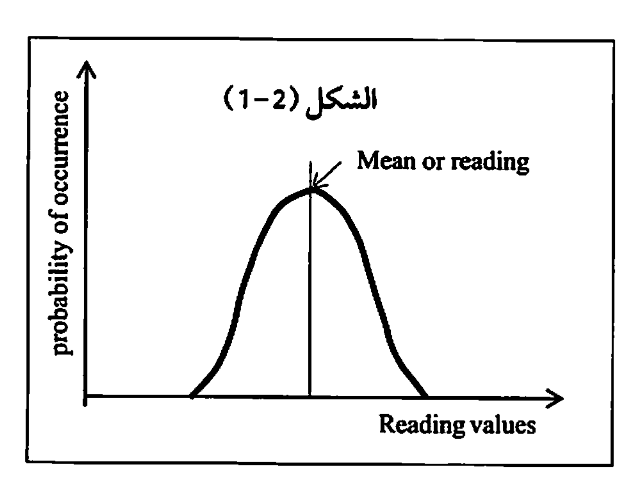
---

(62) Mukaidono, pp. 18 and 43.

وإما أنها لن تمطر؛ إما أن نحصل على «عدد زوجي» في رمي حجري النرد وإما لن نحصل عليه ... إما (أ) وإما (لا أ). وبالتالي، فإذا كانت نظرية الاحتمالات قد زوّدت الباحثين في معظم ميادين المعرفة بأدوات قوية للتنبؤ بالحوادث المستقبلية، تكون ملأت الاحتمالات العالم بمفاهيم غير يقينية، على مستوى التصور، وفصلت بين المتناقضات على مستوى الواقع[63].

2- التوزع التكراري الاحتمالي وتوابع الانتماء الضبابية

التشابه الظاهري الثاني هو بين منحنيات التوزع التكراري، في نظرية الاحتمالات، (الشكل 2-1)، وتوابع الانتماء في المجموعة الضبابية. فمع أن هذه المنحنيات هي أحد أشكال توابع الانتماء إلى المجموعة الضبابية،

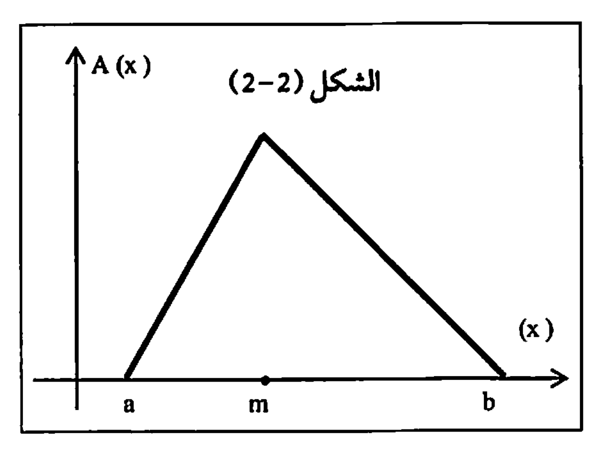


لكنها تختلف في دلالتها عنها. إذ تبيّن منحنيات التوزع التكراري الاحتمالي توزع قيم المتغير وانحرافها عن القيمة الوسطى، وتستخدم في ذلك مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت. كما أن هذه المنحنيات مجرَّد رسم بياني توضيحي للتعبير عن النتائج، ولا تستخدم في حساب الاحتمالات.

في المقابل، لتوابع الانتماء في المجموعة الضبابية وظيفة أساسية تتمثّل في تعيين قيم انتماء الأعضاء إلى المجموعة الضبابية وتحديد المجموعات الفرعية الضبابية وقواعد الاستدلال الضبابي. كما لها أشكال مختلفة تسمح بتمثيل التغيرات اللاخطية في الظواهر المختلفة. ويبيّن الشكل (2-2) أحد هذه

(63) Bart Kosko, *Fuzzy Thinking: The New Science of Fuzzy Logic* (London: Flamingo, 1994), pp. 10-12.

التوابع؛ إذ يمكن أن تختلف قيم الرموز (a, m, b) من تابع إلى آخر، تبعًا للغرض من المجموعة، وفق الصيغة العامة التي تبيِّنها معادلة تابع الانتماء إلى المجموعة الضبابية التي يضعها الخبير في الظاهرة المدروسة[64].



$$A(x, a, m, b) = \begin{cases} \frac{x - a}{m - a} & if\, x \in [a,m] \\ \frac{b - x}{b - m} & if\, x \in [m,b] \\ 0, & otherwise, \end{cases}$$

3- معالجة اللايقين

التشابه الظاهري الثالث هو أن كلتا النظريتين - نظرية الاحتمالات والنظرية الضبابية - تهتم باللايقين في المعرفة. ويصرُّ دينيس ليندلي على أنه يمكن أن تعالج النظرية الاحتمالية أنواع اللايقين كلها. ويزعم «أنه يمكن لهذه النظرية معالجة اللايقين أفضل من أي بديل آخر. وإن كانت هناك حالات تبدو فيها أدوات تلك النظرية غير كافية، فمن الأفضل التفكير في تطويرها»[65]. ويمضي من ذلك إلى حكم مبالغ فيه، إنها ليست أفضل طريقة فحسب، وإنما هي الطريقة الوحيدة لحساب اللايقين، وما عداها خاطئ[66]. ويكشف هذا الحكم عن نزعة استبعادية لإمكان وجود طريقة أخرى، ربم تكون أكثر ملاءمة لأشكال اللايقين المختلفة. ذلك أن اهتمام هذه النظرية يقتصر على اللايقين الناجم عن متغيرات

---

(64) Bojadziev and Bojadziev, p. 22.

(65) Dennis V. Lindley, «The Probability Approach to the Treatment of Uncertainty in Artificial Intelligence and Expert Systems,» *Statistical Science*, vol. 2, no. 1 (February 1987), p. 22.

(66) Lindley, *Understanding Uncertainty*, p. 239.

عشوائية؛ إذ «تعالجه إما بطرائق إحصائية [...] أو غير إحصائية»[67]. ويُقصد بالطرائق الإحصائية تلك التي جرى فيها الحصول على البيانات بالقياس المباشر أو الاستبيان، ثم يستخرج المتوسط الحسابي والانحراف المعياري للقيم. أما الطرائق غير الإحصائية فهي ما يتم الحصول عليه من نتائج اختبارات سابقة، نظرًا إلى تكلفتها العالية في بعض الحالات أو تعذُّر القيام بها في حالات أخرى.

مع أن مفهوم العشواء يرتبط عمومًا بوقوع الحوادث نفسها، وليس بمقدرة البشر على معرفتها، إلا أن هناك من ينسبه إلى إمكان تقدير نسبة وقوع تلك الحوادث؛ أي القدرة على تقدير المتغيرات العشوائية. ويصبح معنى القضية الاحتمالية عدم القدرة على الوصول إلى معرفة يقينية، أو عدم القدرة على معرفة أسباب الظاهرة[68]. فالقضية «هناك فرصة 80 في المئة لسقوط الأمطار في الغد»، تعني بلغة الاحتمالات، أن المتنبِّئ الجوي اعتمد على حساب المتغيرات العشوائية، فوصل إلى هذه النتيجة الاحتمالية. وهو غير متيقِّن من نتيجته يقينًا مطلقًا، لكنه يستطيع أن يؤكد هذه النسبة، في مقابل نسبة لايقينية 20 في المئة، بعدم سقوط المطر. فاللايقين هنا، سابق على وقوع الحدث وليس ملازمًا له، لكنه يتحول إلى يقين بعد وقوعه. وهذا النوع من اللايقين يتلاءم عكسًا مع المعرفة؛ فكلما زادت المعرفة زاد اليقين وقلت المعرفة الاحتمالية، والعكس بالعكس.

تهتم النظرية الضبابية، في المقابل، إضافة إلى هذا النوع من اللايقين، بأنواع أخرى[69]. فضلًا عن أن زيادة المعرفة هنا لا تؤدي إلى نقصان الضبابية؛ مثلما هو الحال في الاحتمالات، بل على العكس، تسلك الضبابية سلوكًا معاكسًا مع المعرفة؛ أي «زيادة المعلومات، تقلل الاحتمالات (Information Up, Probability Down)، لكنها، في المقابل، تزيد الضبابية (Information Up, Fuzz Up)»[70]، أو تزيد اللايقين بوصفه أحد تعينات تلك الضبابية. إذ تساعد زيادة المعلومات في الكشف

---

(67) Margareth [et al.], p. 12.

(68) انظر: يمنى طريف الخولي، فلسفة العلم في القرن العشرين: الأصول - الحصاد - الآفاق المستقبلية، عالم المعرفة؛ 264 (الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، 2000)، ص 101.

(69) ذكرت في القسم الأول من هذا الفصل- تعينات الضبابية.

(70) Kosko, p. 52.

عن العناصر الضبابية أو معرفة الحالات المتتاخمة، خصوصًا بين الحالة ونقيضها، لكنها لا تساعد في التقليل من الضبابية؛ لكونها تضيف مزيدًا من العناصر الضبابية.

في ضوء ما سبق، يتبيَّن من المقارنة بين هاتين النظريتين - الاحتمالية والضبابية - أن التشابه بينهما ليس إلا تشابهًا ظاهريًا. أما طريقة كل منهما فتختلف هي وأدواتها كلَّ الاختلاف عن طريقة الأخرى وأدواتها. وتكمن الحاجة الأساس إلى النظرية الضبابية في قدرتها على معالجة الظواهر الغامضة والمعقدة والمعرفة اللايقينية واللغة الملتبسة التي لا يمكن أن تعالجها النظرية الاحتمالية. إضافة إلى عدد من المزايا التي يمتلكها منطق الضبابية بمكوّناته المختلفة التي تفتقر إليها نظرية الاحتمالات. ومن شأن ذلك كله أن يجعل من نظرية الاحتمالات أداة غير كافية، في مثل تلك الحالات وليس أداة غير صحيحة. وبالتالي لا بدَّ من استخدام هذا المنطق بوصفه أداة أكثر ملاءمة في بعض الحالات.

يبقى كل ما قيل سابقًا غير مكتمل ما لم نُتبِعه بالبحث في مكوّنات منطق الضبابية.

الفصل الثالث

مكوّنات منطق الضبابية

يهدف هذا الفصل إلى الكشف عن جانبين أساسيين في منطق الضبابية: أولهما نظري منطقي، وثانيهما تطبيقي تقاني[1]. يتناول الجانب الأول أدوات هذا المنطق - أي المجموعات الضبابية وتوابع الانتماء الضبابي والمتغيرات اللغوية والعلاقات الضبابية - من زاوية نظرية منطقية أو من زاوية الانتماء وقيم الصدق. ويكشف عن الفروق بين الانتماء إلى المجموعات الضبابية والانتماء إلى المجموعات التقليدية، وبين قيم الصدق في منطق الضبابية وقيم الصدق في المنطق الثُّنائي القيم والمنطق المتعدِّد القيم. أما الجانب الثاني التطبيقي التقني فيتناول استخدام هذه الأدوات في الاستدلالات الضبابية لتوظيفها في بعض التطبيقات التقانية. وهذه الاستدلالات بمنزلة خطوات عمل تسلكها الأنظمة الخبيرة التي تُغذَّى بها الآلة، لتتمكن من اتخاذ الإجراء الأكثر ملاءمة للموقف الراهن. وتعدُّ هذه إحدى مزايا منطق الضبابية؛ أي إن الجانب المنطقي النظري فيه لا يُفصل عن الجانب التطبيقي التقاني أو الأداتي، خلافًا للمنطقين الثُّنائي والمتعدِّد القيم اللذين يمكن الفصل فيهما بين الجانبين. وهذا ما جعل من مكوناتهما مجرد أدوات منطقية صورية، بينما شكلت مكونات منطق الضبابية خطوات عمل استُخدِمَت في الكثير من التطبيقات التقانية الحديثة.

الهدف من تناول هذين الجانبين إظهار أهمية منطق الضبابية على المستويين النظري المنطقي والتطبيقي التقاني؛ أي إبراز ما فيه من قوة يفتقر إليها المنطق التقليدي، على المستوى النظري المنطقي، من حيث إن رؤيته مختلفة عن رؤية هذا

---

(1) يستلزم البحث في الجانب التقاني وجود المعادلات والجداول والمخططات البيانية الضرورية في متن البحث، لا ملحقًا في نهايته. ومن يرجع إلى كتب المنطق الرمزي (الرياضي)، يجد أنها حافلة بالرموز والمعادلات، مثلما هو الأمر بالنسبة إلى الكتب التي تطبق المنهج الكمي الإحصائي الحافلة بالمعادلات والمخططات البيانية. لذا لا غضاضة في أن يكون هذا الفصل محتويًا على كثير من هذه المعادلات الرياضية والمخططات البيانية، من غير أن يكون ذلك مخلًا بالأسس الفلسفية لهذا البحث.

المنطق إلى الحدود والعلاقات والاستدلالات، من جهة، وإلى الصدق والكذب من جهة ثانية؛ وعلى المستوى التطبيقي من حيث هو طريقة أكثر إتقانًا من طريقة التحكم التقليدي لمعالجة البيانات المتعلقة بالظواهر المعقدة والغامضة، بصورة عامة.

على الرغم من أن منطق الضبابية يستخدم مصطلحات المنطق التقليدي ذاتها، لكنَّ إضافة صفة الضبابية إليها يجعل دلالاتها مختلفة عن دلالاتها التقليدية. فللأعضاء في المجموعات الضبابية أجزاء مختلفة من درجة الانتماء، تعدِّلها درجات الإمكان اللغوية المضافة إلى كلٍّ متغير لغوي. أما العلاقات الضبابية فتعين درجة ارتباط عضوين أو أكثر، من مجموعتين ضبابيتين أو أكثر، وتتحدد قيمة صدق تلك العلاقات من قيمة صدق القضية المركبة؛ أي من قيم الانتماء إلى المجموعات الفرعية الضبابية؛ وأما الاستدلالات الضبابية فصورتها هي صورة القضايا الشرطية المتَّصلة في المنطق الثُّنائي القيم، وتمثل الخطوات التي يسلكها البرنامج المطبق في معالجة البيانات المتعلقة بالظواهر المعقدة والغامضة. وتسمح هذه الاستدلالات بدرجة كبيرة، بتمثيل التعقيد في تلك الظواهر. كما تسمح توابع الانتماء ذات الأشكال المختلفة بالتعبير عن التغيرات اللاخطية.

بما أن العمليات الأساس في المجموعات الضبابية – أي الإكمال أو النفي أو المتمم لمجموعة، والتقاطع والاجتماع والتضمُّن، بين المجموعات – هي توسيع لتلك العمليات المطبَّقة في المجموعات التقليدية، فالمقارنة بين هاتين المجموعتين – من خلال التعريف والعمليات الأساس المطبقة عليهما وتوابع الانتماء – تكشف عن الفروق بينهما؛ أي تُظهِر الجوانب الصارمة في المجموعة التقليدية التي تجعل منها أداة أكثر ملاءمة للموضوعات التي يسهل تصنيفها وتبرز الجوانب المرنة في المجموعة الضبابية التي تجعل منها أداة أكثر ملاءمة للموضوعات التي تنطوي على غموض ولايقين والتباس. ثم نتناول الحدود الضبابية ودرجات الإمكان اللغوية والعلاقات الضبابية والاستدلالات الضبابية.

أولًا: من نظرية المجموعة التقليدية
إلى نظرية المجموعة الضبابية

تهتم كلتا المجموعتين بقيم انتماء الأعضاء إليها وفق تصنيف تضعاه لأولئك الأعضاء. وبينما تُعنى المجموعة التقليدية بالتصنيف الصارم لأعضائها - حيث تعطي لكل عضو إحدى درجتي الانتماء فحسب؛ أي الانتماء المطلق ويقابله قيمة الصدق [1] واللاانتماء المطلق ويقابله قيمة الصدق [0] - تسمح المجموعة الضبابية بأجزاء غير نهائية من درجة الانتماء ضمن المجال [0.1]، كما تسمح للعضو الواحد بأكثر من قيمة انتماء إلى المجموعات الفرعية الضبابية في الوقت نفسه.

من المفيد الوقوف على بعض التعريفات المتعلقة بكلتا المجموعتين. فالمجموعة الشاملة (Universal Set)، أو ما يسمى أحيانًا عالم المقال، ويُرمز لها عادة بأحرف كبيرة بـ (U أو S) هي مجموعة «تشمل العناصر الممكنة المتعلّقة بالغرض من الدراسة»[2]. فهي بمنزلة نطاق العمل لأعضاء المجموعة المدروسة التي تختلف باختلاف الغرض[3]، أي إن تحديد أعضائها وانتمائهم يرتبط بالحالة المدروسة. فمجموعة «الشباب»، مجموعة شاملة، أعضاؤها جميع الشباب في العالم، بينما مجموعة «الشباب في الوطن العربي»، أو «الشباب في سورية»، هي مجموعة فرعية من مجموعة «الشباب»، ويمكن أن تكون إحداهما المجموعة الشاملة.

أما المجموعة الخالية (Empty Set) ورمزها (ϕ) فلا تحوي أي عضو من الأعضاء؛ أي إنها مجموعة لا وجود لأعضائها، أو قضية ليس لمفاهيمها ماصدق[4]. ولهذه المجموعة أهمية في اختبار عدم سريان مبادئ الفكر، خصوصًا

---

(2) Guanrong Chen and Trung Tat Pham, *Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems* (Boca Raton, FL: CRC Press, 2001), p. 1.

(3) اختلاف الغرض ينجم عنه اختلاف المعيار. فمعيار الطول أو القامة للأشخاص يختلف في دول شرق آسيا عنه في أوروبا أو الوطن العربي. وعند تصنيع الألبسة لا تنطبق مقاييس ألبسة هذه الدول (S,L,XL) على أجسامنا. وهذا ما يركز عليه كثيرًا المشتغلون بمنطق الضبابية عند تعيين المجموعات الفرعية الضبابية.

(4) حدد راسل في عام 1905 هذه المجموعة بواسطة نظرية «الأوصاف المنطقية». فميَّز بين =

مبدأي عدم التناقض والثالث المرفوع، في المنطق المتعدِّد القيم ومنطق الضبابية. وأما المجموعة الفرعية (Subset) فمجموعة جزئية متضمَّنة في مجموعة أخرى أو مساوية لها.

مع أن الباحثين في العلوم المختلفة، خصوصًا في المنطق، يدركون أن التصنيف الصارم لبعض الموضوعات لا يعكس الطبيعة الغامضة للظواهر، إلا أنهم يعتقدون، وهم مخطئون في ذلك، بإمكان العثور على تعريفات لغوية جامعة مانعة، تمثّل هذا التصنيف وتعزل الموضوعات المحدَّدة جيدًا إلى مجموعات تفصل فصلًا قاطعًا بين حالتي الانتماء واللاانتماء إليها. لذا، لا يخلو تصنيفهم، في أغلب الأحيان، من حدود غير معينة بدقة؛ لكونها واقعة على تخوم الانتماء إلى هذه المجموعة أو تلك.

بناء على ذلك، لا يسمح تصنيف الموضوعات، وفقًا للمجموعة التقليدية، بالتوسُّط بين قيم الانتماء واللاانتماء؛ بل يأخذ كل عضو إحدى إمكانيتين أو أحد احتمالين فقط؛ إما أن ينتمي إلى المجموعة وإما ألا ينتمي. ويكون تابع انتمائها وفق العلاقة [3-1][5]:

المعادلة [3-1]:

$$\mu_A(x) = \begin{Bmatrix} 1, & \text{if } x \in A \\ 0, & \text{if } x \notin A \end{Bmatrix}$$

فلو كانت المجموعة (A) تقليدية[6]، فلأي عضو (x) درجتا انتماء فحسب، إما ضمن هذه المجموعة، ويكون انتماؤه مطلقًا، أو قيمة صدق القضية الممثَّلة بتلك المجموعة [1]، وإما خارجها، فيكون لا انتماؤه مطلقًا، أو قيمة صدق القضية [0].

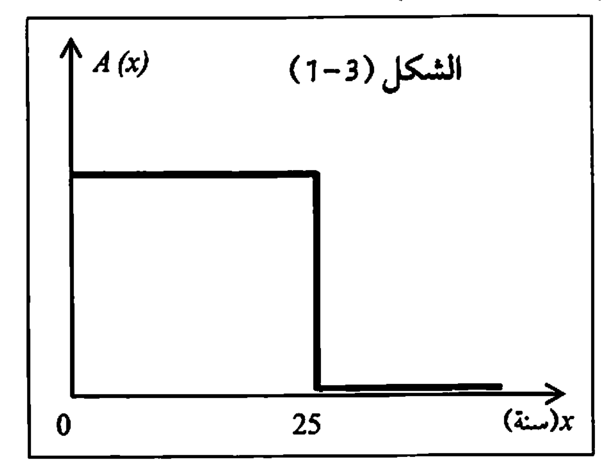
=القضايا المنطقية التي تستمد صدقها من علاقتها بالأشياء، والصور النحوية التي تستمد صدقها من علاقتها بعضها ببعض. فالعبارة الصحيحة نحويًا ليست بالضرورة صحيحة منطقيًا. فللقضية المنطقية ماصدق، خلافًا للنحوية ليس لها بالضرورة ماصدق. انظر: برتراند راسل، ما وراء المعنى والحقيقة، ترجمة محمد قدري عمارة؛ مراجعة إلهامي جلال عمارة، المشروع القومي للترجمة (القاهرة: المجلس الأعلى للثقافة، 2005)، ص 207-208.

(5) George Bojadziev and Maria Bojadziev, *Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management*, Advances in Fuzzy Systems; 12, 2nd ed. (Hackensack, NJ: World Scientific, 2007), p. 2.

(6) لتمييز المجموعات التقليدية من الضبابية اعتمدنا نمطين مختلفين للخط اصطلاحًا؛ أي A,B,C ترمز إلى مجموعات تقليدية، عناصرها x,y,z، في مقابل A,B,C ترمز إلى مجموعات ضبابية، وعناصرها x,y,z.

من الواضح أن هذا التابع يحدد قيم الانتماء إلى المجموعة، أو قيم صدق القضايا، بقيمتين فقط. ففي مجموعة «الشباب»، يكون للقضية «الشخص (x) الذي يبلغ من العمر (25 عامًا)، أو يقل عنه بسنوات» قيمة الصدق [1]، أو درجة انتماء مطلقة إلى تلك المجموعة، ولِمَنْ يزيد على هذا العمر، ولو بسنة واحدة، قيمة الصدق [0]، أو درجة اللاانتماء المطلق. ولتابع انتمائها الشكل (3-1)، ومعادلته:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \leq 25 \\ 0, & \text{if } x > 25 \end{cases}$$



يكشف المنحنى البياني عن أن الانتقال المباشر من الانتماء المطلق إلى المجموعة إلى اللاانتماء المطلق، أو بالعكس، لا يعكس الحالات الواقعية المتناخمة. فمن غير المعقول أن لِمَنْ لم يُكمِل الخامسة والعشرين من العمر انتماءً مطلقًا إلى المجموعة؛ أي [1]، لكنه يصبح، في حلول عيد ميلاده السادس والعشرين، خارج المجموعة، ويتحول إلى حالة اللاانتماء المطلق؛ أي [0].

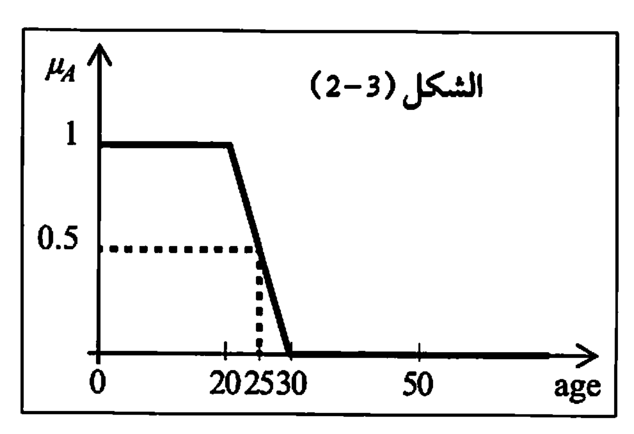
في المقابل، يكون لأعضاء المجموعة الضبابية[7] أجزاء مختلفة من درجة الانتماء، تنتقل بينها انتقالًا انسيابيًا. وعرّف لطفي زاده المجموعة الضبابية (A) «بأنها مجموعة يرتبط كل عضو فيها بعددٍ حقيقيٍّ يقع ضمن المجال [1،0]، حيث يكون لكلِّ عضو (x)، وفق تابع الانتماء $F_A(x)$، جزء من درجة الانتماء إلى

(7) بعض المجموعات الضبابية تكون أعضاؤها منتهية، لكن انتماءهم وفق تابع الانتماء هو أي قيمة ضمن المجال [0.1]. فالأعضاء الدائمون في مجلس الأمن خمسة، لكنَّ لكل منهم جزءًا من درجة الانتماء إلى مجموعة الدول الديمقراطية.

المجموعة (A)[8]. إضافة إلى أن لبعض الأعضاء إحدى درجتي الانتماء [0] و[1]. لكن لهاتين الدرجتين المقابلتين للانتماء الكامل واللاانتماء الكامل دلالات مختلفة[9] عن دلالاتهما في المجموعة التقليدية.

يُمكن تمثيل المجموعة الضبابية بمجموعة أو زوج مرتب، بالعلاقة [2-3]، حيث يمثّل ($\mu_A(x)$) تابع انتماء الأعضاء إلى المجموعة الضبابية (A)[10].

المعادلة [2-3]: $A=\{(x, \mu_A(x)) : x \in A , \mu_A(x) \in [0,1]\}$



الحدُّ الأول، في هذا الزوج، يقابل أعضاء المجموعة الضبابية، منتهية كانت أم غير منتهية، والحدُّ الثاني يقابل قيمة انتماء العضو إلى تلك المجموعة. وبهذا، يمكن التعبير عن المجموعة الضبابية «الشباب» الممثلة في الشكل (2-3)، على النحو التالي:

$\{(x_1,1).(x_2,0.9).(x_3,0.8).(x_4,0.5)....\}$. وتعني أنه يمكن أن يكون لمن عمره (x_1=20 عامًا) درجة الانتماء [1]، ولمن عمره (x_2=21 عامًا) جزءًا من درجة الانتماء [0,9]، ولمن عمره (x_3=22 عامًا) جزءًا من الدرجة [0,8]، ولمن عمره (x_4=25 عامًا) جزءًا من الدرجة [0,5]... إلخ. وهكذا، ينتقل العضو انتقالًا انسيابيًا تدريجًا من الانتماء الكامل إلى اللاانتماء الكامل، وبالعكس. وبهذا المعنى، فالعمر موضوع غامض.

(8) Lotfi A. Zadeh, «Fuzzy Sets,» *Information and Control*, vol. 8, no. 3 (June 1965), p. 339.

(9) نتحدث عن هذه الدلالات عند تناول توابع الانتماء والمتغيرات اللغوية.

(10) Bojadziev and Bojadziev, p. 9.

لو نظرنا إلى الظواهر الواقعية، لوجدنا أن أكثرها غامضة، ويصعب أو يتعذَّر تصنيف انتمائها بدقة؛ لأن «ليس هناك معايير انتماء مرجعية، محدَّدة بدقة، لفئات الموضوعات الممثلة لتلك الظواهر»(11). فلا نستطيع تأكيد انتمائها إلى المجموعة ولا نفيه بشكل قاطع، نظرًا إلى احتوائها حالات متاخمة.

من البيِّن أن المجموعة الضبابية أكثر ملاءمة من المجموعة التقليدية، لتوصيف الحالات المتاخمة. إذ اختزلت المجموعة الثانية قيم الانتماء بقيمتين فقط: طرفا المجال أو نهايتاه، فعكست بذلك قيمًا رياضية مجردة لا يقابلها إلا جانب محدود من الواقع، وكأنه مؤلَّف من موضوعات منفصلة ومتقطِّعة ومتخارجة. وفي المقابل، تسمح المجموعة الضبابية بقيم غير نهائية، وبذلك، تعكس الجانب الأكبر من الوجود الواقعي وتغيراته. لذا، نتَّفق مع كوسكو في قوله: إن «المجموعات الضبابية موجودة في الأشياء المحيطة بنا، وفي كل جزء من العالم، وليست مجرَّد مجموعات ضمن ميدان الرياضيات»(12). كما هو الحال في المجموعات التقليدية. وإذا كانت هذه المجموعات قد حقَّقت تقدُّمًا في هذا الميدان، فالمجموعة الضبابية ومعها الاستدلالات الضبابية شكلت قفزة كبيرة في العلوم التقنية، خصوصًا في التحكم الآلي. وربما يشكِّل تطبيقها في العلوم الإنسانية والاجتماعية، بصورة أخص، الأثر الأبرز والأهم.

لكن، إذا كانت المجموعات التقليدية قد اتخذت من الرياضيات ميدانًا لها، ولغة الرياضيات هي الأعداد المحدَّدة والرموز، فهل يمكن أن تكون الأعداد ذاتها ضبابية، أم أنها تخضع للتقسيم الثنائي فحسب؟ الإجابة عن هذا السؤال هي بالإيجاب. والأعداد الضبابية(13) هي مجموعات ضبابية لتمثيل مدى القرب من

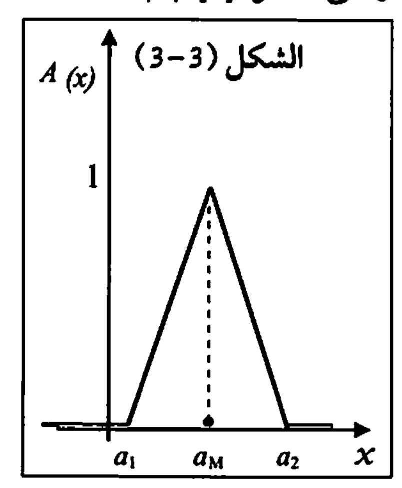
---

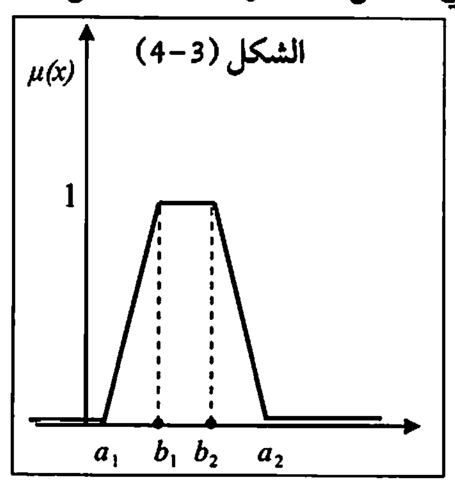
(11) Zadeh, «Fuzzy Sets,» p. 338.

(12) Bart Kosko, *Fuzzy Thinking: The New Science of Fuzzy Logic* (London: Flamingo, 1994), p. 127.

(13) تُصنَّف الأعداد وفق المجموعة التقليدية أعدادًا زوجية وأخرى فردية. أما في المجموعة الضبابية، فلا تخضع لهذا التصنيف الصارم. فالعدد (1,5) فردي، ويصبح زوجيًا لو أضفنا إليه خانة عشرية ثانية (1,52)، وفرديًا (1,521) وزوجيًا (1,5214)... إلخ.

العدد الطبيعي[14]، أو البعد عنه، وفقًا لدرجة التقريب المطلوبة. وتستخدم هذه الأعداد بوصفها طريقة أخرى[15] للتعبير عن المجموعات الضبابية بدلًا من معادلة توابع الانتماء الضبابي. فتكتب على النحو: $A=(a_1,a_M,a_2)$ للعدد الضبابي الممثل للمجموعة ذات الشكل المثلثي (Triangular) الشكل (3-3)، حيث (a_1,a_2) قاعدة المثلث، و(a_M) العضو الموافق لقيمة الانتماء الأعظمي التي يصل إليها المنحنى؛ وعلى النحو $A=(a_1,b_1,b_2,a_2)$ للعدد الضبابي الممثل للمجموعة ذات الشكل شبه

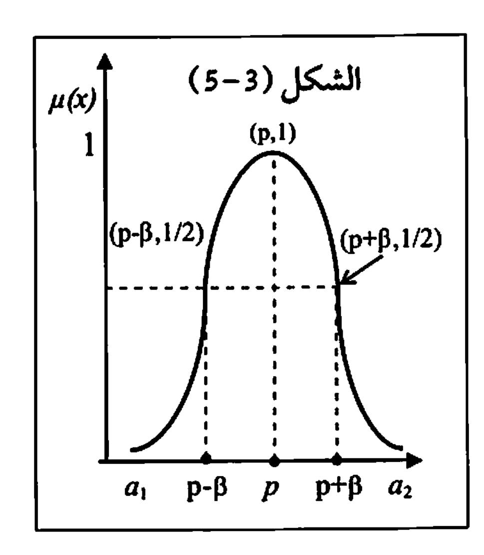




---

(14) مجموعة الأعداد الطبيعية، ورمزها (ط)، هي الأعداد التي تخلو من الفواصل العشرية والكسور والجذور، وتُكتَب: ط={0، 1، 2، 3، 4، 5..،∞}؛ ومجموعة الأعداد الصحيحة (ص)، تتضمن، إضافة إلى مجموعة الأعداد الطبيعية، الأعداد السالبة، وتُكتَب: ص={−∞...−5، −4، −3، −2، −1، 0، 1، 2، 3، 4، 5...،∞}. ومجموعة الأعداد العادية (ع)، تتضمن، إضافة إلى الأعداد الصحيحة، الكسور العشرية، وتُكتَب ع={−∞...−1..،−3/4..،−1/2..،−1/4..،0..،1/4..،1/2..،3/4..،1..،∞}؛ ومجموعة الأعداد الحقيقية (ح)، تشمل جميع ما سبق، إضافة إلى الجذور، وتكتب ح={..−√3..،−√2..،−1...،−3/4..،−1/2..،−1/4..،0..،1/2..،1/4..،3/4..،1..،√2..،√3..،..}؛ وأخيرًا مجموعة الأعداد التخيلية أو العقدية، ورمزها (ت)، فيضاف إلى مجموعة الأعداد الحقيقية، الأعداد التي تحوي الجذر التربيعي للعدد السالب (أي $i=\sqrt{-1}$). ومن الملاحظ أن كل واحدة من هذه المجموعات، وفق الترتيب السابق، متضمَّنة في المجموعة اللاحقة، والمجموعة الأخيرة تتضمن المجموعات كلها.

(15) فالعدد (4)، على سبيل المثال، يمكن أن يتم تمثيله بمجموعة ضبابية، تُكتَب بدلالة الأعداد القريبة منه على النحو: (3، 4، 5)، حيث $(a_1=3)$، $(a_M=4)$، $(a_2=5)$. وثمة طرائق أخرى للتعبير عن المجموعة الضبابية، إضافة إلى توابع الانتماء والأعداد الضبابية، منها على النحو: $A=\{(\mu_A(x)/x : x \in A,\ \mu_A(x) \in [0,1]\}$، وتعني أن العدد في صورة الصيغة الكسرية، هو قيمة انتماء العنصر في المخرج. ولكل منها استخدام خاص وفق الغرض. انظر: Bojadziev and Bojadziev, pp. 9-10.



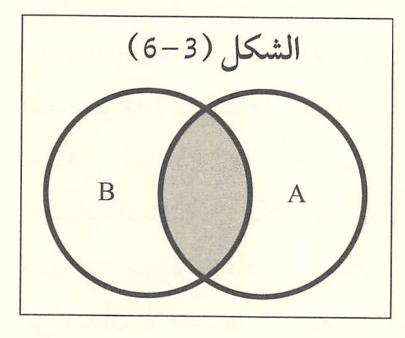
المنحرف (Trapezoidal) الشكل (3-4)، أو جزء منه، حيث القاعدة (a_1,a_2) الكبرى لشبه المنحرف، و(b_1,b_2) الأعضاء المقابلة للانتماء الأعظمي إلى المجموعة. وتُكتب أيضًا على النحو $A=(a_1,p-\beta,p+\beta,a_2)$ للعدد الضبابي الممثل للمجموعة ذات الشكل الغوصي (Gause) الشكل (3-5). واستُخدِمت الأعداد الضبابية المثلثية في الكثير من التطبيقات، منها في أجهزة التحكم، واتخاذ القرارات في ميدان الاقتصاد[16]. ونعتمد الشكل المثلثي وشبه المنحرف لشرح العمليات الأساس على المجموعات الضبابية.

ولما كانت قيم الصدق، في منطق الضبابية، أو درجات الانتماء إلى المجموعات الضبابية هي توسيع لقيم الصدق، في المنطقين الثُّنائي القيم والمتعدِّد القيم، أو درجات الانتماء إلى المجموعة التقليدية، فإن عملية التوسُّع هذه تشمل أيضًا العمليات الأساس المطبَّقة على تلك المجموعات؛ ونعني تطبيق العمليات الجبرية على نظرية المجموعات. وبتطبيقها نصبح أمام الضرب المنطقي (Logical Product) (0) المقابل للتقاطع بين مجموعتين (Intersection) (∩)، وللعطف بين قضيتين (Conjunction) (∧ أو AND)؛ والجمع المنطقي (Logical Sum) (+) المقابل لاجتماع مجموعتين (Union) (U)، وللانفصال بين قضيتين (Disjunction) (v أو OR)؛ والطرح المنطقي (Logical Minus) (−) المقابل لمتمِّم المجموعة أو عكسها (Complementation) ($\bar{A}$)، ولنقيض القضية أو نفيها (Negation) (Not أو ~)؛ وعلاقة أصغر أو يساوي (≤) المقابلة للتضمُّن بين مجموعتين (Inclusive) (⊆)، أو للمساواة بينهما (Equality) (=)، وللزوم المنطقي بين قضيتين (Implication أو Conditional Proposition) (إذا...فإن....⇒). ونحاول في ما يأتي إبراز الفروق الأساس بين

(16) المصدر نفسه، ص 19-26.

هاتين المجموعتين في ما يتَّصل بتلك العمليات على المجموعات، ونتناولها في العلاقات الضبابية، في ما يتَّصل بتطبيقها على القضايا الضبابية. وأولى هذه العمليات تقاطع مجموعتين.

1 - التقاطع بين مجموعتين

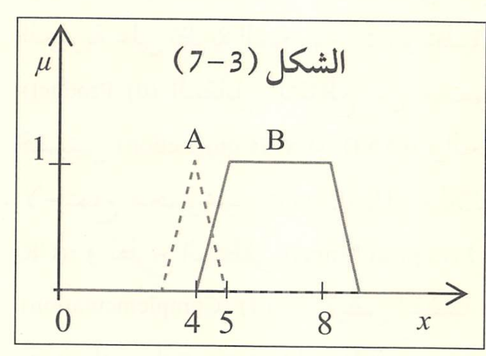


الشكل (3-6)

يُعرَّف التقاطع بين مجموعتين تقليديتين (A) و(B) أو أكثر، ورمزه (∩)، بأنه مجموعة تنتمي أعضاؤها إلى المجموعتين المتقاطعتين معًا، وفق معادلة تابع الانتماء [3-3] والشكل (3-6)، التمثيل وفق مخطط فن[17]:

المعادلة [3-3]: $A \cap B = \{x | x \in A \text{ and } x \in B\}$

تُستخدَم هذه العملية لتضيق خيارات الشروط التي يجب أن تتصف بها الأعضاء، لتجمع بين الانتماء إلى المجموعتين، في الوقت نفسه. فكلما زاد عدد الشروط، قلت العناصر التي تحققها، مثل القول: «السلعة ذات الجودة العالية والسعر المتوسط».



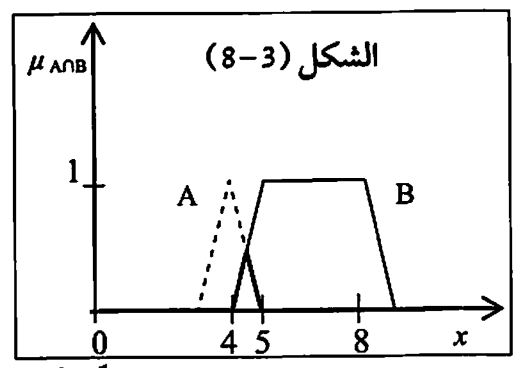
الشكل (3-7)

أما التقاطع بين مجموعتين ضبابيتين أو أكثر فهو «المجموعة الضبابية الأعظم المتضمَّنة في كلتا المجموعتين الضبابيتين في الوقت نفسه»[18]. فلو كانت (A) و(B) مجموعتين ضبابيتين (الشكل (3-7))، ضمن المجموعة الشاملة (U)، ولكل منهما تابع انتماء ($F_A(x)$) و($F_B(x)$) على التوالي، فتقاطعهما مجموعة ضبابية

(17) المصدر نفسه، ص 3.

(18) Zadeh, «Fuzzy Sets,» p. 341.

(C) معادلة تابع انتمائها [3-4]، ويمثّل الشكل (3-8) المنحنى البياني للانتماء[19]:



المعادلة [3-4]:

$$f_C(x)=\text{Min}[f_A(x),f_B(x)], \quad x\epsilon U$$

يبيّن الشكل (3-8) ومعادلة تابع الانتماء [3-4]، أن للمجموعة الضبابية (C) قيم انتماء مساوية للحدِّ الأدنى لقيم الانتماء إلى المجموعتين الضبابيتين المتقاطعتين (A) و(B). فإذا كانت قيمة انتماء العنصر (x=4.8) إلى المجموعة الضبابية (A)، هي [0,25] وإلى المجموعة الضبابية (B)، هي [0,62]، فقيمة انتمائه إلى تقاطع المجموعتين، وفق المعادلة [3-4]، مساوية لأقل القيمتين السابقتين؛ أي [0,25].

يضمن اختيار الحدِّ الأدنى من قيم الانتماء، انتماء العنصر إلى كلتا المجموعتين، في الوقت نفسه؛ بمعنى أن شرط الانتماء إلى تقاطع المجموعتين لا يتحقق إلا بهذا الاختيار؛ الأمر الذي يعني أن عملية التقاطع تفيد في معرفة «ضرورة» تحقق الشروط[20]. والدلالة على القول «أعظم مجموعة ضبابية متضمَّنة في كلتا المجموعتين»، هو أن جميع عناصر المجموعة الناتجة من التقاطع تحقق شرط الانتماء؛ أي الانتماء إلى كلتا المجموعتين، في الوقت نفسه، وليس فيها أي عنصر لا يحقق هذا الشرط، وهذا ينطبق على المجموعة التقليدية. لكن الانتماء، وفقًا للتقاطع الضبابي، جزء من الدرجة.

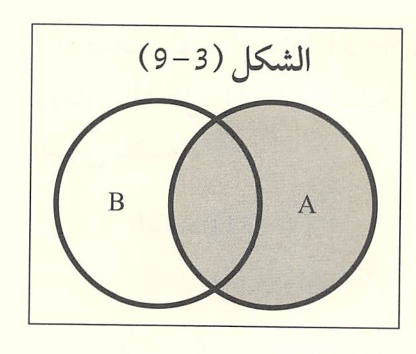
2- الاجتماع بين مجموعتين

يُعرَّف الاجتماع بين مجموعتين تقليديتين (A) و(B)، أو أكثر، ورمزه (U)، بأنه مجموعة تنتمي أعضاؤها إلى إحدى المجموعتين على الأقل. وبهذا، فهو تجميع الأعضاء ضمن مجموعة واحدة، بصرف النظر هل تشترك في الصفات ذاتها أم

---

(19) المصدر نفسه، ص 341.

(20) انظر: الفصل الرابع، اختبار توافق الضرورة.

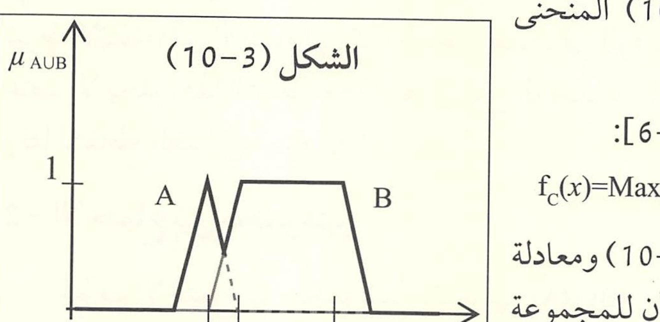


لا. وفق معادلة تابع الانتماء [3-5]، والشكل (3-9)، التمثيل وفق مخطط فن[21]:

المعادلة [3-5]: $AUB = \{x \mid x \in A \text{ or } x \in B\}$

تستخدم هذه العملية لتوسيع خيارات البحث عن الشروط التي تتَّصف بها هذه الأعضاء، حيث يُكتفى بانتمائها إلى إحدى المجموعتين، على الأقل، في حال عدم وجود عناصر مشتركة. فكلما زاد عدد الشروط يزداد عدد العناصر؛ لكونه يُطلَب تحقيق أحد هذه الشروط. وتستخدم هذه العملية في المترادفات، مثل الحسام أو السيف القاطع؛ وفي الكلمات التي تكتب بأكثر من طريقة، مثل (Center أو Centre)، وفي البدائل، مثل خبرة خمسة أعوام أو ماجستير.

أما ناتج الاجتماع في المجموعات الضبابية فهو «المجموعة الضبابية الأصغر المتضمَّنة في المجموعتين الضبابيتين في الوقت نفسه»[22]. فلو كانت (A) و(B) مجموعتين ضبابيَّتين، ضمن المجموعة الشاملة (U)، ولكل منهما تابع انتماء ($F_A(x)$) و($F_B(x)$) على التوالي، فاجتماعهما مجموعة ضبابية (C) معادلة تابع انتمائها [3-6]، ويمثّل الشكل (3-10) المنحنى البياني للانتماء[23]:



المعادلة [3-6]:

$$f_C(x)=\text{Max}[f_A(x), f_B(x)],\ x \in U$$

يبيِّن الشكل (3-10) ومعادلة تابع الانتماء [3-6] أن للمجموعة الضبابية (C) قيم انتماء مساوية للحدِّ

(21) Chen and Pham, p. 2, and Bojadziev and Bojadziev, p. 3.

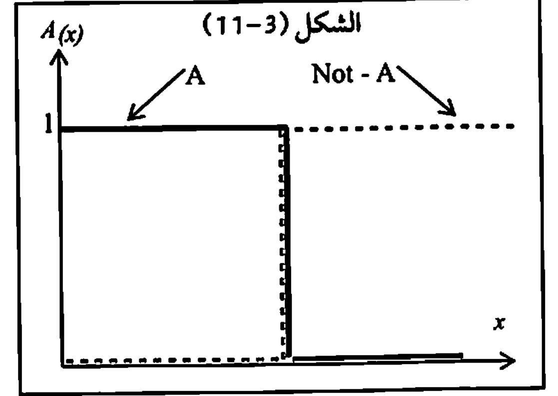
(22) Zadeh, «Fuzzy Sets,» p. 341.

(23) المصدر نفسه، ص 340.

الأعلى (Max) لقيم الانتماء إلى المجموعتين الضبابيتين. فإذا كانت قيمة انتماء العنصر (x=4.8) إلى المجموعة الضبابية (A)، مساوية لـ[0,25] وإلى المجموعة الضبابية (B)، مساوية لـ [0,62]، فقيمة انتمائه إلى اجتماع المجموعتين مساوية، وفق المعادلة [3-6]، لأكبر القيمتين السابقتين؛ أي لـ[0,62].

إن اختيار الحدّ الأعلى من قيم الانتماء يعني الاكتفاء بانتماء العضو إلى إحدى المجموعتين. فالاجتماع بهذا المعنى يختبر «كفاية» تحقيق الشروط[24]. ويعبّر عن هذه الكفاية بالقول «أصغر مجموعة ضبابية تحوي كلتا المجموعتين». وينطبق هذا على المجموعة التقليدية. لكن الانتماء إلى الاجتماع الضبابي جزء أيضًا من الدرجة.

3- متمِّم المجموعة أو نفيها



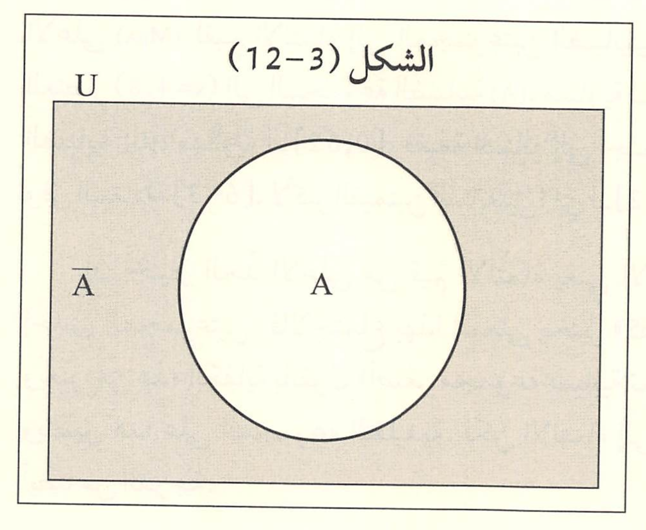
ينتج من النفي المنطقي (Negation) - أو ما يسمى الإكمال أو التَّتميم - لمجموعة تقليدية، مجموعة متمِّمة للمجموعة الشاملة؛ أي إن الناتج هو مجموعة ينتمي أعضاؤها إلى المجموعة الشاملة لا إلى المجموعة الأصلية. فلو كانت (A) مجموعة تقليدية ضمن المجموعة الشاملة (U)، فلا ينتمي أعضاء المجموعة المنفية أو المتمِّمة (Not-A أو $\bar{A}$) إلى المجموعة الأصلية (A). ويعبر عن ذلك الانتماء بالمعادلة [3-7]، ويمثِّل (الشكل 3-11) المنحنى البياني للانتماء، والشكل (3-12) تمثيل تلك العملية وفق مخطط فن[25].

المعادلة [3-7]: $\bar{A}=\{x\in U \mid x\notin A\}$

---

(24) انظر: الفصل الرابع، اختبار توافق الكفاية.

(25) Bojadziev and Bojadziev, p. 4.



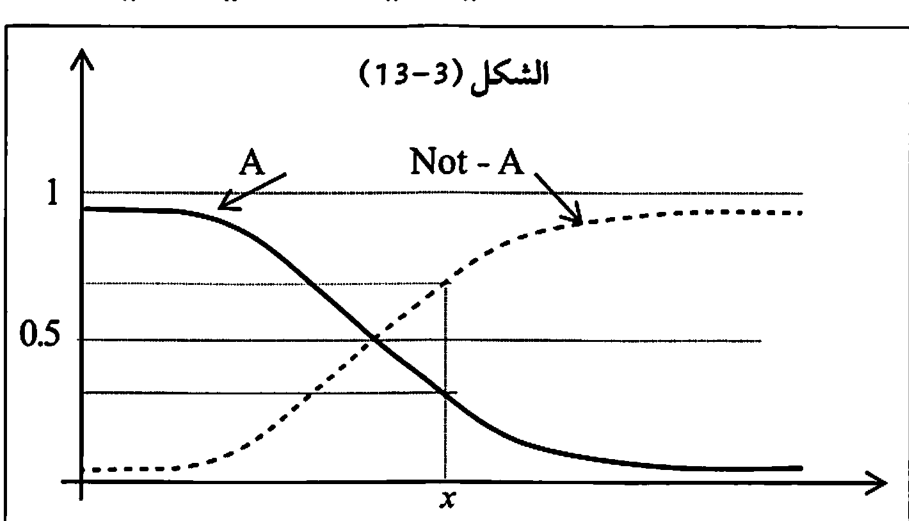
تشطر عملية النفي هنا المجموعة الشاملة مجموعتين متخارجتين تقتسمان الأعضاء فيما بينهما. فلا يجمع العضو الواحد بين انتمائه إلى المجموعة وإلى متممتها، في آنٍ واحد. ووفقًا لهذه العملية يجري التأكُّد من سريان مبدأي عدم التناقض والثالث المرفوع. فالمبدأ **الأول**: ($A\cap\bar{A}=\emptyset=[0]$)؛ ويُقرَأ: من الضروري ألا تتقاطع المجموعة مع متممتها؛ أي ناتج تقاطعهما هو مجموعة خالية (Ø)، أو من التناقض أن ينتمي العضو الواحد إلى المجموعة ومتممتها. أما المبدأ **الثاني**: ($A\cup\bar{A}=U=[1]$)، فيُقرَأ: من الضروري أن ينتج من اجتماع المجموعة ومتممتها، المجموعة الشاملة (U)[26].

في المقابل، يكشف النفي الضبابي عن عدم سريان هذين المبدأين؛ إذ تنتج منه مجموعة ضبابية تناظر المجموعة الأصليــة، أو تعكسها كما تُعكس الأشياء في المرآة، بالنسبة إلى القيمة الواقعة عند منتصف المجال [1،0]. ويبيّن منحنى الغموض الذي وضعه ماكس بلاك الشكل (3-13) أن منحنى الانتماء إلى المجموعة المتمِّمة (Not-A) هو مقلوب منحنى الانتماء إلى المجموعة الضبابية الأصلية (A) بالنسبة إلى المحور الموازي لمحور السينات عند نقطة الإحداثيات (0، 0,5)؛ أي عند الخط المستقيم (y=0.5). كما أن انتماء العضو إلى المجموعة المتممة لا يعني عدم انتمائه إلى المجموعة الأصلية، أو بالعكس، كما هو الحال في المجموعة التقليدية، بل يمكن أن يكون لأيٍّ عضو جزءان من درجة الانتماء

(26) Michael Smithson and Jay Verkuilen, *Fuzzy Set Theory: Applications in the Social Sciences*, Quantitative Applications in the Social Sciences; no. 07/147 (Thousand Oaks: Sage Publications, 2006), p. 5.

يكمِّل أحدهما الآخر إلى الانتماء الكامل. فلو كان للعضو (x) جزء من درجة الانتماء مساوٍ [0,3] إلى المجموعة الضبابية (A)، فانتماؤه إلى مجموعتها المتمِّمة (Not-A) هو جزء من الدرجة مساوٍ [0,7] حيث يكون مجموعهما مساويًا للواحد. وتمثله المعادلة [3-8][27].

المعادلة [3-8]: $\mu_{\bar{A}}(x)+\mu_A(x)=1$ أو $\mu_{\bar{A}}(x)=1-\mu_A(x)$



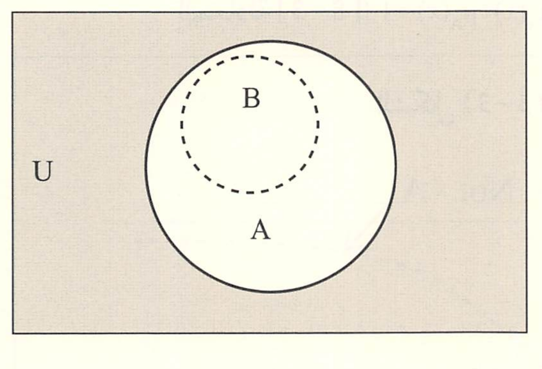
يتبيَّن الفرق بين المجموعة التقليدية والمجموعة الضبابية في أن الثانية، خلافًا للأولى، تسمح بأن يكون للعضو أكثر من قيمة انتماء واحدة من جهة، وتسمح من جهة أخرى بانتماء العضو إلى المجموعة ومتممتها، في آن واحد. وبهذا، لا يسري مبدأ عدم التناقض والثالث المرفوع على المجموعة الضبابية؛ لأن انتماء العضو إلى إحدى المجموعتين الضبابيتين لا يستبعد انتماءه إلى المجموعة المتممة أو نقيضها، وإنما ينتمي العضو إلى كلتيهما بجزءَين مختلفين من الدرجة. فناتج تقاطع المجموعة الضبابية ومتممتها ليس مجموعة خالية، أو درجة الانتماء [0]، بل هو - وفقًا للتقاطع الضبابي في المعادلة [3-4] - مجموعة لأعضائها الحدّ الأدنى لقيم الانتماء إلى المجموعتين. وناتج اجتماع المجموعة الضبابية

(27) Bojadziev and Bojadziev, p. 16, and Kosko, *Fuzzy Thinking*, p. 136.

ومتمِّمتها ليس المجموعة الشاملة، أو درجة الانتماء [1]، بل هو - وفقًا للاجتماع الضبابي في المعادلة [3-6]- مجموعة لأعضائها الحدَّ الأعلى لقيم الانتماء إلى المجموعتين.

4- التضمُّن بين مجموعتين

الشكل (3-14)



يحدِّد التضمُّن أو الاحتواء المجموعات الفرعية التي يمكن أن تحويها مجموعة ما. ويُرمَز له بالرمز (⊆)[28]، فلو كانت (A) و(B) مجموعتين تقليديتين ضمن المجموعة الشاملة (U)، يمثِّلهما الشكل (3-14) وفق مخطط «فن»، فتكون المجموعة (B) مجموعة فرعية من المجموعة (A)، أو مُتضمَّنة فيها، تضمنًا كليًا، إذا كان كل عضو من المجموعة (B) مُتضمَّنًا في المجموعة (A)، ويوجد عضو، على الأقل، في المجموعة (A)، غير موجود في المجموعة (B). أما إذا كان للمجموعتين العناصر نفسها، فالمجموعتان متساويتان. ويُعبَّر عن حالة التضمُّن الكلي بالمعادلة [3-9] وعن حالة المساواة بالمعادلة [3-10][29].

المعادلة [3-9]: $(B \subset A)$

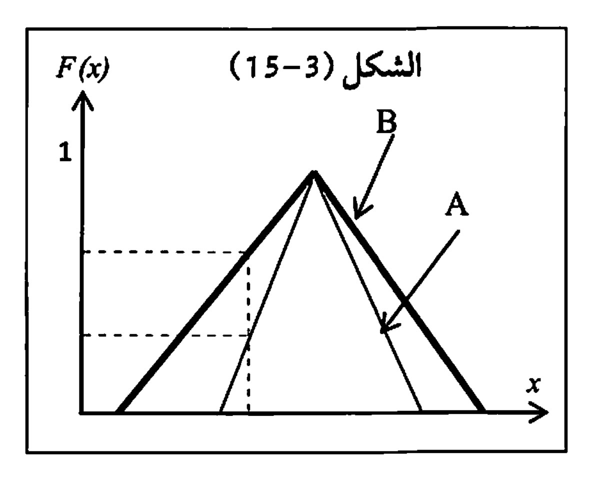
المعادلة [3-10]: $(A=B)$ أو $(B \subset A \text{ and } A \subset B)$

---

(28) نميِّز في اتجاه الرموز التي تمثل حالتي الانتماء والتضمُّن، بين النص العربي والنص الإنكليزي. فإذا كان (س أو x)، ينتمي إلى مجموعة الأعداد الحقيقية الموجبة (ح$^{+}$) (R^{+}) - المجموعة الفرعية من مجموعة الأعداد الحقيقية (ح) (R)- فالانتماء يقرأ من اليمين (س∋ ح$^{+}$)، والاحتواء (ح$^{+}$ ⊃ح)، أو من اليسار ($x \in R^{+}$)، ($R^{+} \subset R$). ويمكن استخدام الطريقة المعاكسة؛ أي (ح⊂ح$^{+}$) أو($R \supset R^{+}$). لكن ليس صحيحًا استخدام (س∈ ح$^{+}$) أو (ح$^{+}$ ⊂ح) أو بالإنكليزية ($x \ni R^{+}$)، ($R^{+} \supset R$). ونعتمد الطريقة الأولى في الكتابة.

(29) Bojadziev and Bojadziev, p. 3.

في المقابل، تكون «المجموعة الضبابية (A) مُتضمَّنة في المجموعة الضبابية (B) – أو مجموعة فرعية منها، أو أصغر أو مساوية لها – إذا، وإذا فحسب، كانت قيم الانتماء إلى المجموعة الأولى أصغر من قيم الانتماء إلى المجموعة الثانية أو مساوية لها»[30]. ويُعبَّر عن تلك العملية بمعادلة تابع الانتماء [3-11]، ويوضحها الشكل (3-15)؛



المعادلة [3-11]: $F_A \leq F_B$

حيث (F_A) تابع انتماء العضو (x) إلى المجموعة الضبابية (A)، و(F_B) تابع انتماء العضو نفسه إلى المجموعة الضبابية (B). وعندها، تكون قيم انتماء هذا العضو إلى المجموعة الضبابية (A) أصغر من قيم انتمائه إلى المجموعة الضبابية (B)، أو مساوية لها.

ربما يبدو التضمُّن في المجموعات الضبابية غير مختلفٍ كثيرًا عنه في المجموعات التقليدية، لكن يكمن الاختلاف في أن التضمُّن، في المجموعات التقليدية، يقتصر على تضمُّن الكل للجزء، أو الأكبر للأصغر. أما في المجموعات الضبابية فيمكن الجزءَ أن يتضمَّن الكل. وشغل مفهوم التضمُّن فكر كوسكو طويلًا، وتساءل عن إمكان أن يكون الكل متضمَّنًا في الجزء، فرأى أنه إذا كان الكل يتضمَّن الجزء، تضمُّنًا كليًا، فيمكن الجزء أن يتضمَّن الكلَّ تضمنًا جزئيًا؛ أي يتضمَّنه إلى حدٍّ ما. وهذا ما أهمله، في رأيه، الرياضيون والعلماء لقرون طويلة، وهو منهم؛ لأنهم رأوا أن التضمُّن يكون كليًا أو لا يكون (All or None). وهذا يتفق مع المبدأ الأرسطي، ويخالف مفهوم قيم الانتماء في المجموعات الضبابية[31].

(30) Zadeh, «Fuzzy Sets,» p. 340.

(31) Kosko, *Fuzzy Thinking*, pp. 55-58.

بما أن المنطق ليس أدوات رياضية فحسب، أو علاقات مجرَّدة بين المجموعات أو بين أعضاء تلك المجموعات، وإنما هو أيضًا انعكاس لطرائق التفكير البشري، فمن الممكن هنا محاولة استنباط الدلالات الكامنة في تلك الأدوات وفي العمليات المطبَّقة على المجموعات. وفي ضوء ذلك، يمكننا أن نتلمس مدى تمثيل العمليات الأساس على المجموعات الضبابية أو التقليدية للحياة اليومية أو للواقع والمعرفة والفكر. فوفقًا لنمط الفكر الضبابي الذي تعكسه هنا العمليات الأساس على المجموعات الضبابية، يكون كلُّ فرد منتميًا إلى أيِّ مجموعة بدرجة ما، بمن فيها المجموعات المتناقضة. وربما تكون المجموعة جماعة واقعية أو متخيلة. لذا، فإن تجاهل الأجزاء اللانهائية من درجة الانتماء أو حصرها في قيمتين فقط، كما هو الحال في العمليات المطبقة على المجموعات التقليدية التي تعكس نمط التفكير الثنائي الصارم، هو طمس التنوع بين البشر والنظر إليهم على أنهم متماثلون، وحصرهم في أكثر أشكال الانتماء بساطة التي يُمثلها الانتماء المطلق واللاانتماء المطلق. ويظهر ذلك، بشكل واضح عند الأنظمة الدكتاتورية التي تدعمها السلطة الدينية والسلطة الاجتماعية. فعلى الصعيد السياسي، لا ترى إلا الحزب الحاكم الذي يمنع أي انتماء يخالفه؛ وعلى المستوى الديني يجري التضييق على الأديان المخالفة لدين الدولة؛ وعلى المستوى الاجتماعي يعدُّ الخروج على تقاليد المجتمع انحرافًا وخرقًا يقتضي العقاب؛ ليتحول المجتمع إلى شكل من النظام العبودي يخضع فيه البشر لهذه السلطات الثلاث.

تلكم أهم العمليات على المجموعات التي بيَّنا من خلالها الاختلاف بين المجموعات التقليدية والمجموعات الضبابية. لكنْ، ثمة فروقٌ إضافيةٌ بين هاتين المجموعتين، نحاول إلقاء المزيد من الضوء عليها، من خلال التركيز على توابع الانتماء إلى المجموعة الضبابية التي تحدد المجموعات الفرعية الضبابية فيها.

ثانيًا: توابع الانتماء في المجموعة الضبابية

تتميَّز المجموعة الضبابية من المجموعة التقليدية، بتوابع الانتماء الخاصة بها التي تمنحها قوة وإتقانًا في تمثيل المفاهيم والتعبير عن الظواهر المرتبطة بها. وتكمن القوة في الأشكال المختلفة لهذه التوابع من جهة؛ وفي إمكان تغييرها

وسهولته من جهة ثانية؛ وفي تعيينها الـمُتقَن للمجموعات الفرعية الضبابية من جهة ثالثة. ويحاول هذا المبحث إبراز مكامن القوة في هذه التوابع، أي المكامن التي تجعل من منطق الضبابية أداة أكثر ملاءمة من المناهج التقليدية، لمعالجة البيانات المتعلقة بالظواهر الغامضة والمعقدة.

يحدد تابع الانتماء أو ما يسمى أيضًا تابع العضوية (Membership Function) أجزاء الدرجة التي ينتمي، وفقًا لها، العضو إلى المجموعة الضبابية، أو إلى مجموعاتها الفرعية. وثمة عدد من أشكال توابع الانتماء التي يمكن أن يختارها الخبير في المجال. ويُعرَّف تابع الانتماء بأنه «مؤشِّر لـ «خاصية المجموعة» (Sethood)، يقيس الدرجة التي يكون وفقًا لها الموضوع (x) ذو الخاصية (A)، عضوًا في مجموعة، أو يقيس قيمة الصدق الجزئية للقضية: «(x) هو عضو في (A)»»[32]. وهي قيم غير نهائية تراوح ضمن المجال [1،0] الذي يمثِّله الانتماء الكامل [1]، واللاانتماء الكامل [0]، وقيم الانتماء كلها الواقعة بينهما. ولا يقتصر تعيين توابع الانتماء إلى المجموعة الضبابية على طريقة واحدة، وإنما هناك طرائق متعددة[33] يعتمد عليها الخبير في ذلك. وتتطلَّب كلها خبرة نظرية وعملية في الميدان المدروس. وبهذا، فهي تعكس جانبًا من الخبرات الذاتية للخبير نفسه أو اختلاف آراء الخبراء في السياق نفسه للموضوع الواحد.

مع أن قيم الانتماء إلى المجموعة الضبابية تنطوي في معظم الحالات على

---

(32) Smithson and Verkuilen, p. 19.

(33) وضع سميثسون أربع طرائق يمكن أن يلجأ إليها الخبير في تعيين معادلات الانتماء، وفق توابع يُلائم كل منها أغراض البحث المختلفة: أولاها الفهم الشكلي أو الصوري (Formalist Interpretation)، وتعتمد، هذه الطريقة، على مصطلحات رياضية يربط فيها بين مجال المتغير الأساسي ومقياس الانتماء. وثانيتها تدمج نظرية الاحتمالات والنظرية الضبابية. وثالثتها الرؤية النظرية للقرار (Decision-theoretic View Point)؛ حيث تعيّن قيم الانتماء بما تقتضيه الفائدة من اتخاذه. وتستند رابعتها إلى نظرية القياس البديهي (Axiomatic Measurement Theory)؛ أي تعيين قيم الانتماء الكمّية ثم تحويلها إلى شروط بديهية كيفية يتم إثباتها تجريبيًا. انظر: المصدر نفسه، ص 21-25.

أما فيركولين فوضع ثلاث طرائق أساسية: التعيين الذاتي المباشر والتعيين الذاتي غير المباشر وتحويل المتغيرات إلى قيم انتماء. انظر: Jay Verkuilen, «Assigning Membership in a Fuzzy Set Analysis,» *Sociological Methods Research*, vol. 33, no. 4 (May 2005), pp. 462-496.

شيء من البداهة، إضافة إلى الخبرة، إلا أن تصميم المجموعات الضبابية يتطلب «تعيين المجموعات الشاملة للمتغيرات اللغوية [...] واختيار شكل توابع الانتماء وقممها وسطوحها [...] وتعيين عدد الحدود الضبابية أو المجموعات الفرعية الضبابية [...] ومجال تغيُّر هذه الحدود»[34]. ويتعيَّن كل واحد من هذه المكونات الأربعة بما يحقق الغرض من الظاهرة المدروسة. فتحديد مجال المجموعة الشاملة لكل متغير هو تعيين الحدين الأعلى والأدنى لقاعدة المتغير، وربط هذين الحدين بمقياس الانتماء إلى المجموعة. وباختيار الغرض تُعيّن ثلاثة مرتكزات كيفية أساسية: حالتا الانتماء الكامل واللاانتماء الكامل إلى المجموعة الضبابية ونقطة التحول أو الانعطاف التي لا يكون فيها العضو «داخل» المجموعة بالكامل ولا «خارجها» بالكامل[35]. وهذا يسمح باستبعاد الحالات التي تتجاوز الحد الأعلى للانتماء الكامل والحالات التي تقلّ عن الحد الأدنى للاانتماء الكامل، بهدف التركيز على الحالات الواقعة بين هذين الحدين. ونحاول شرح هذه المكونات من خلال أحد توابع الانتماء.

لو أردنا تعيين تابع الانتماء إلى التحكم[36] بدرجات الحرارة في مختبر معايرة[37]، ففي وسعنا استخدام تابع الانتماء ذي الشكل المثلثي وجزء من شبه المنحرف. ويبيّن الشكل (3-16)[38] المنحنى البياني للانتماء إلى المجموعة

(34) Bojadziev and Bojadziev, p. 130.

(35) Charles C. Ragin, *Fuzzy-Set Social Science* (Chicago: University of Chicago Press, 2000), pp. 32-33.

(36) اختلاف الغرض يؤدي إلى اختلاف مجال المجموعة الضبابية ومجموعاتها الفرعية وعددها وشكلها. فالغرض هنا التحكم في درجة حرارة مختبر معايرة. لذا تختلف المجالات في حال كنا نقيس درجة الحرارة لمعمل أو غرفة عادية.

(37) ثمّة مخبر وطني للمعايير والمعايرة في معظم دول العالم مهمته حفظ المعايير المرجعية (Standards)، ومعايرة أجهزة القياس المستخدمة في تلك الدولة، بهدف المحافظة على مستوى من الإتقان في القياس والتصنيع، بما يحقق متطلبات الجودة. ويشرح الفصل الرابع (ثالثًا: المجموعات الضبابية والدمج بين التقويم الكمي والكيفي) مفهوم المعايرة (Calibration) في المجموعات الضبابية.

(38) عندما يكون التغيُّر لا خطيًا، يتم تمثيله بمنحنى أُسّي أو جيبي. ولتبسيط الشرح، استخدَمنا هذا التابع. وتتناول كتب التحكم الضبابي تعيين توابع الانتماء وشكلها. واستفدنا منها كلها، لكن لم نأخذ هذا الشكل البياني من مرجع محدَّد بعينه، وإنما استندنا، إضافة إلى هذه الكتب، إلى خبراتنا العملية في =

الضبابية «درجة الحرارة» التي يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات فرعية ضبابية، وهي، «بارد» و«معتدل» و«حار». ويمكن تعيين المجموعة الشاملة باختيار الحدين الأدنى والأقصى للتغيُّر الفعلي لدرجات حرارة مختبر المعايرة؛ أي مجال تغيرها [45،5] درجة مئوية. وتتوزع هذه المجموعة على المجموعات الفرعية الضبابية على النحو: «بارد» [25،5] درجة مئوية و«معتدل» [25،21] درجة مئوية و«حار» [45،23] درجة مئوية. وهذه المجالات هي ما يُقصد بها مجالات تغير المجموعات الفرعية. وأما توابع الانتماء، فلكل مجموعة من المجموعات الفرعية تابع انتماء مستقل. وهي على النحو:

$$F(\text{بارد})(t) = \begin{cases} 1 & \text{if} \quad 5 \le t \le 12.5 \\ \frac{25-t}{12.5} & \text{if} \quad 12.5 \le t \le 25 \end{cases}$$

$$F(\text{معتدل})(t) = \begin{cases} \frac{t-21}{2} & \text{if} \quad 21 \le t \le 23 \\ \frac{25-t}{2} & \text{if} \quad 23 \le t \le 25 \end{cases}$$

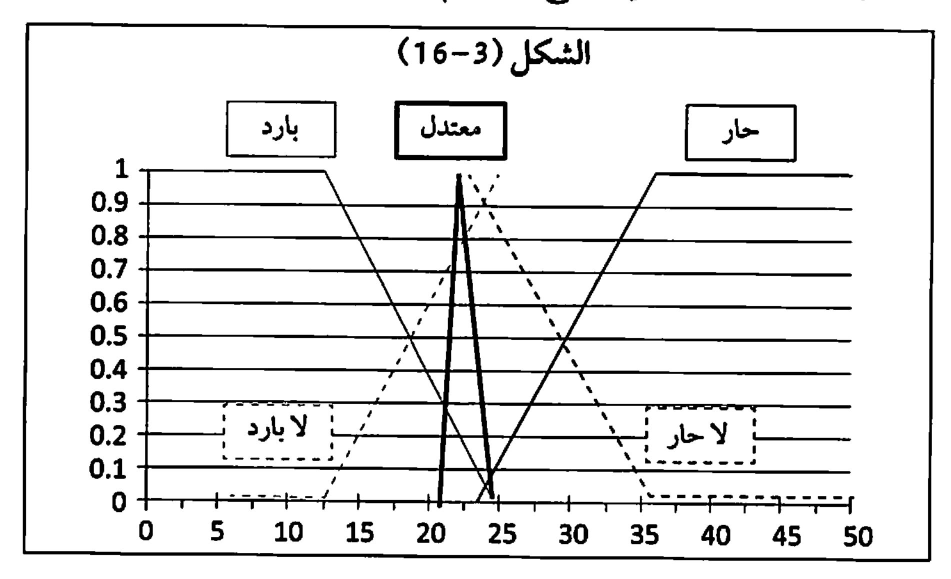
$$F(\text{حار})(t) = \begin{cases} \frac{t-23}{13} & \text{if} \quad 23 \le t \le 36 \\ 1 & \text{if} \quad 36 \le t \le 45 \end{cases}$$

لو كانت درجة حرارة المختبر (t=24°)، فقيمة انتمائها إلى المجموعة الفرعية الضبابية «بارد» هي، وفق معادلة تابع الانتماء إلى المجموعة الضبابية «بارد» ($\frac{25-24}{12.5}$)=[0.08]، وإلى مجموعتها المتممة «لا بارد» هي، وفق معادلة النفي الضبابي [3-8]: [1]-[0.08]= [0.92]؛ وإلى المجموعة الفرعية الضبابية «معتدل» هي، وفق معادلة تابع الانتماء إلى المجموعة الضبابية «معتدل» ($\frac{25-24}{2}$)=[0.5]، وإلى مجموعتها المتممة «لا معتدل» هي، وفق

= المخبر الوطني للمعايير والمعايرة - مركز الدراسات والبحوث العلمية. فدرجة الحرارة الأفضل لمخابر المعايرة هي (20°م) لمختبرات الأبعاد الهندسية وسماحية قدرها (±1°م)، ولباقي المختبرات هي (23°م) وسماحية قدرها (±2°م). وناقشنا هذا الأخير على افتراض أن تغيرات الحرارة في سورية لا تقل، بشكل عام، عن (5°م)، ولا تزيد على (45°م)، وهو المجال الكلي الذي اخترناه لمتغير درجة الحرارة. وبالنسبة إلى المعادلات فكل منها يمثّل معادلة مستقيم، إما أن يكون الميل فيه موجبًا وإما أن يكون سالبًا.

المعادلة [3-8]، [1]-[0.5]= [0.5]؛ وإلى المجموعة الفرعية الضبابية «حار» هي، وفق معادلة تابع الانتماء إلى المجموعة الضبابية «حار» ($\frac{24-23}{13}$)=[0.077]، وإلى مجموعتها المتممة «لا حار» هي، وفق المعادلة [3-8]، [1]-[0.077]= [0.923].

يمكن ملاحظة خصائص عدة أساسية - من الشكل البياني (3-16) ومعادلات توابع الانتماء - تميِّز المجموعات الضبابية من المجموعات التقليدية: أولاها، ترتبط بفرادة كل واحدة من المجموعات الفرعية الضبابية «بتابع انتماء خاص بها. وبهذا تختلف عن المجموعة التقليدية التي تشترك ومجموعتها الفرعية في تابع الانتماء ذاته»[39]. وهذا يسمح من جانب، بإمكان تعديل كل مجموعة فرعية ضبابية على حدة، مع الإبقاء على المجموعات الفرعية الضبابية الأخرى، كما هي، إذا اقتضت الحاجة ذلك؛ ويمكِّن، من جانب آخر، من اختيار مجال التغيُّر لكل مجموعة فرعية أو قاعدة تغير تابع الانتماء إليها بشكل مستقل عن مجالات تغير المجموعات الأخرى؛ أي اختيار مجال التغير لإحدى المجموعات ضيقًا ولأخرى واسعًا، الأمر الذي يسمح بالتحكم بالهدف المطلوب، بصورة متقنة[40].



---

(39) Chen and Pham, p. 7.

(40) انظر: خامسًا، قواعد الاستدلال الضبابي.

أما الخاصية الثانية فتتعلق بالتداخل بين مجالات المجموعات الفرعية الضبابية - وهذا ما يسمح للعضو بالانتماء إلى أكثر من مجموعة فرعية ضبابية، في الوقت نفسه - وبالتداخل بين المجموعة ومتممّتها، الممثّل للتداخل، في العالم الواقعي، بين الشيء ونقيضه. ويعكس هذا التداخل خاصية المرونة في التعامل مع الأضداد والمتناقضات. إذ لا تفرض هذه المجموعات التخيير بين الانتماء إليها والانتماء إلى متمّمتها. وهي خاصية تفتقر إليها المجموعات التقليدية المحكومة بمبدأ الثالث المرفوع[41]. كما يعكس التداخل الناجم عن الغموض والتعقيد في الظاهرة المدروسة. ومن شأن هذا أن يجعل المجموعات الضبابية أداة أكثر ملاءمة لوصف هذا النوع من الظواهر؛ فانتماء العضو إلى أي مجموعة ضبابية لا يستبعد انتماءه إلى مجموعتها المتممة، وإنما يكمّله. وبهذا، تخلّت المجموعة الضبابية عن الدقة والصرامة، واكتسبت الإتقان والمرونة.

أما الخاصية الثالثة للمجموعات الضبابية فهي الانتقال الانسيابي والتدريجي لمنحنى المجموعة الضبابية بين الانتماء الكامل واللاانتماء الكامل، وبالعكس. وهذا ما يعكس التغيرات الكمية الطفيفة في حالات الظاهرة، وهي التي ربما تفضي إلى تغيرات كيفية. وتُظهِر المنحنيات البيانية للمجموعات الضبابية الفرعية لدرجة الحرارة (الشكل 3-16) أن للعضو (x=12.5) درجة انتماء أعظمية إلى المجموعة (A) - «بارد» - وأصغرية إلى مجموعتها المتمّمة (Not-A) - «غير بارد» - لكن بازدياد قيم (x) على محور درجات الحرارة تتناقص قيم انتمائه إلى المجموعة (A) - «بارد» - وتتزايد، في الوقت نفسه قيم انتمائه إلى المجموعة المتممة (Not-A) - «غير بارد»- بشكلٍ انسيابيٍّ في كلتا الحالتين؛ وتنقلب قيم الانتماء إلى المجموعة ومتممتها، فيصبح الأعظمي أصغريًا، والأصغريُّ أعظميًا[42]. وتنطبق هذه الخاصية على المجموعتين الفرعيتين الضبابيتين «حار» و«معتدل»، كما تنطبق على المجموعات الضبابية كلها.

---

(41) Bojadziev and Bojadziev, p. 19.

(42) Max Black, «Vagueness: An Exercise in Logical Analysis,» *Philosophy of Science*, vol. 4, no. 4 (1937), pp. 442-443, and Kosko, *Fuzzy Thinking*, p. 136.

غير أن مستوى الضبابية، ليس واحدًا في الحالات كلها، وإنما يرتبط بمدى غموض الظاهرة ولايقين المعرفة والتباس اللغة. فكلما زاد الغموض أو اللايقين أو الالتباس، زاد هذا المستوى، وكان لأكثر الأعضاء في المجموعة الضبابية قيم انتماء جزئية قريبة من القيمة [0,5] وهي الحالة الأشد ضبابية. وبالعكس، وكلما انخفض مستوى الضبابية أو كان لأغلب الأعضاء قيم انتماء قريبة من نهايتي المجال [1،0]، أصبحت المجموعة الضبابية أقرب إلى مجموعة تقليدية[43]. وهذا يكشف عن الخاصية الرابعة للمجموعات الضبابية ولتوابع الانتماء التي تعيِّنها؛ لأنه ليس للمجموعات الفرعية الضبابية كلها المستوى نفسه من الضبابية. ويمثِّل هذا المستوى بمجال تغيُّر كل مجموعة فرعية أو بميل المنحنى البياني لتابع انتمائها، ويقاس بما يسمى المعامل الضبابي (Fuzzy Entropy). وهو «نسبة قيم انتماء تقاطع المجموعة مع متممتها إلى قيم انتماء اجتماعهما»[44]. وهو حاصل قسمة قيم الانتماء إلى تقاطع المجموعة الضبابية مع متممتها (ويرمز لهذا التقاطع بالرمز $\mu_{A\cap\bar{A}}(x)$) على قيم الانتماء إلى اجتماعهما (ويرمز لهذا الاجتماع بالرمز $\mu_{A\cup\bar{A}}(x)$). ويظهِر الشكل (3-16) مستويات مختلفة من الضبابية؛ إذ لم تُصمَّم المجموعات الفرعية الضبابية بمستوى الضبابية نفسه، وإنما لكلٍّ منها مجال مختلف. فالمجموعة التي يكون مجال تغيرها كبيرًا أو عريضًا تكون أكثر ضبابية من تلك التي يكون مجال تغيرها صغيرًا أو ضيقًا. لذا، مجال تغيُّر المجموعة «معتدل» يقع ضمن القيمتين (21-25°)، ما يعني أن مستوى الضبابية فيها أقل من مستوى الضبابية للمجموعتين «بارد» و«حار». وهذا يميز المجموعة الضبابية من التقليدية التي يساوي المعامل الضبابي فيها صفرًا؛ لكونها لا تتقاطع مع متممتها.

أما الخاصية الخامسة فتتعلق بمقدرة المجموعات الضبابية على تمثيل الحالات الكيفية في الظاهرة، إضافة إلى التغيرات الكمية الطفيفة فيها. «وتتألف المجموعات الضبابية كلها من حالتين كيفيتين: الانتماء الكامل واللاانتماء

(43) Smithson and Verkuilen, pp. 16 and 43-44.

(44) Kosko, *Fuzzy Thinking*, p. 133n.

الكامل، ومن التغيرات الكمية كلها الواقعة بينهما»[45]. إذ يقابل التغير بين حالتين كيفيتين للظاهرة، تغيرٌ انسيابيٌ لقيم الانتماء إلى المجموعة الضبابية، من الانتماء الكامل إلى اللاانتماء الكامل، وبالعكس، خلافًا للمجموعة التقليدية التي ينتقل فيها العضو من الانتماء المطلق إلى اللاانتماء المطلق، انتقالًا مفاجئًا أو متقطِّعًا أو بوثبة واحدة. وبما أن قيمتي الانتماء الكامل واللاانتماء الكامل، تتغيران بتغير الغرض والسياق، فالكاملُ لا يعني المطلقَ، وإنما يعدُّ كاملًا بالقياس على تلك المجموعة.

في ضوء ما سبق، يتضح أن هذه الخصائص تجعل من المجموعات الضبابية أداة أكثر فائدة من المجموعات التقليدية لتمثيل الغموض واللايقين والالتباس؛ لكونها تراعي التداخل بين الحالات الغامضة المتاخمة والانتقال الانسيابي بين تلك الحالات. لكن ثمة مزايا أخرى اتَّسم بها منطق الضبابية، وهي أنه يستخدم الكلمات العادية التي نستخدمها في الحياة اليومية. فالمتغيرات فيه ليست رموزًا، كما هو الحال في المنطق الرمزي، ولا أرقامًا صارمة أو نِسَبًا، كما هو الحال في نظرية الاحتمالات، وإنما هي مفردات معروفة، حتى لغير المتخصصين. وهذه المتغيرات هي مجموعات ضبابية.

ثالثًا: المتغيرات اللغوية والحدود الضبابية ودرجات الإمكان

سعى المناطقة وفلاسفة اللغة في نهاية القرن التاسع عشر إلى التخلُّص من عيوب اللغة الطبيعية، وما توجده من التباس وعدم وضوح، فاستبدلوا بها لغة رمزية للتعبير عن الحدود والقضايا المنطقية. واهتم المشتغلون بنظرية الاحتمالات بتكميم المتغيرات اللغوية تكميمًا صارمًا، بهدف الوصول إلى الدقة.

في المقابل، انصرف اهتمام المشتغلين بمنطق الضبابية عن التكميم الصارم والمحدَّد بدقة، وانحازوا إلى الإتقان في التمثيل. فهم يستخدمون المتغيرات اللغوية باللغة الطبيعية لبناء الاستدلالات الضبابية. وهذه المتغيرات هي

(45) Ragin, p. 8.

مجموعات ضبابية ممثلة لظواهر غامضة ومعقدة ومعرفة لايقينية ولغة ملتبسة. وبهذا، تزوِّد تلك المتغيِّرات «بأسس التفكير التقريبي الذي لا تكون قضاياه صارمة. فتعكس تمامًا صفة التقريبية في اللغة الطبيعية المستخدمة في التفكير اليومي»[46]. فلو نظرنا إلى المفاهيم التي يستخدمها البشر في قضاياهم لوجدنا أن أكثرها تقريبيًا مفاهيم ضبابية. فـ«درجة الحرارة» و«الطول» و«العمر» و«الوزن» و«السعر» و«الفقر» و«الديمقراطية» ... إلخ كلها متغيرات لغوية تمثل بمجموعات ضبابية. فـ«العمر» متغير لغوي حدوده أو مجموعاته الفرعية الضبابية هي: «يافع»، «شاب»، «في أواسط العمر»، «عجوز»، «هرِم»، تشير إلى تدرج على مقياس العمر. و«درجة الحرارة» متغير لغوي حدوده: «بارد»، «فاتر»، «معتدل»، «دافئ»، «حار»، وتشير كلها إلى تدُّرج على مقياس الحرارة.

القول إن منطق الضبابية هو منطق التفكير التقريبي، يكافئ القول إنه يتَّفق مع واحد من أنماط التفكير البشري أو يماثله، باعتبار أن لبعض البشر نمط التفكير الصارم؛ أي ينظرون إلى العالم أو الإنسان أو المعرفة، على أنهم خاضعون لمنطق إما أو، ولا ثالث لهما. ولبعضهم الآخر نمط التفكير المتعدد والأقل صرامة؛ أي إنه يضيف مزيدًا من الخيارات لتكون إما وإما وإما ... إلخ.

لتعيين الحدود الضبابية أو المجموعات الفرعية للمجموعة الضبابية، تستخدم البرغلة الضبابية (Fuzzy-granulation) لا الصارمة. وتعني البرغلة الصارمة (Crisp-granulation) تفكيك المعلومات المتعلقة بالموضوع المراد معرفته، إلى ما يشبه الحبيبات الصغيرة اللامتمايزة، المتماثلة في الشكل، والمتقاربة في الوظيفة، كتقسيم الزمن إلى سنوات وشهور وأيام وساعات ... إلخ[47]. وبلغة المنطق، تقسيمها إلى مجموعات تقليدية أو حدود واضحة ومحدَّدة.

يمكن الإشارة، في هذا السياق، إلى أن أساس البرغلة الصارمة رياضي؛ لأنها ترتبط بالمنهج التحليلي عند ديكارت، وتحديدًا بالقاعدة الثانية من قواعد

(46) Bojadziev and Bojadziev, p. 44.

(47) Lotfi A. Zadeh, «Toward a Theory of Fuzzy Information Granulation and its Centrality in Human Reasoning and Fuzzy Logic,» *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 90 (1997), p. 112.

المنهج عنده. وفي هذه القاعدة رأى ديكارت ضرورة تقسيم المشكلة المبحوثة إلى أكبر عدد ممكن من الأجزاء، حيث يمكن حلّها على نحو أفضل[48]. ومع أن التجزئة العامة تؤدي دورًا مهمًا في المقاربات المختلفة للموضوعات، إلا أن ذلك لا يعني أن البرغلة الضبابية هي مجرَّد إعادة إنتاج للمنهج التحليلي، أو أنها تقتصر على إضافة كلمة ضبابية إلى البرغلة، بل تكمن أهميتها في مضمون هذه العملية وآليات تطبيقها ودورها في التعامل مع مشكلات الواقع وتمثيلها. ذلك أن البرغلة الضبابية تمثل الخطوة الأولى في بناء البرنامج الذي تُغَذَّى به الآلة لتتمكن من القيام باستدلال تقريبي في حال غموض الموضوع وعدم كفاية المعلومات عنه؛ لأنه لا يمكن للآلة القيام بهذا الاستدلال من دون البرغلة الضبابية. وهذا ما يتضح في قواعد الاستدلال الضبابي.

لا يتم الحديث في البرغلة الضبابية عن جزء ضبابي وحيد، وإنما عن مجموعات من الأجزاء الضبابية الناتجة من تفكيك الموضوعات، المحدَّدة منها أم الواضحة أم الضبابية. لذا، لا تعتمد البرغلة الضبابية في التفكيك على التقسيم الصَّارم والمتماثل والمتقارب الوظيفة للأجزاء، وإنما تؤكد أن الضبابية كامنة في الأجزاء أو الحبيبات، وفي خصائصها، وفي الدلالات التي تحيل عليها تلك الخصائص[49]. وهذا يقتضي تمثيل الأجزاء أو الحبيبات بمجموعات ضبابية، والخصائص بحدود ضبابية أو مجموعات فرعية ضبابية للمجموعة الأصلية، والدلالات بقيم ضبابية أو درجات الإمكان اللغوية.

بناء على ذلك، المجموعات الفرعية الضبابية هي الحدود الضبابية الناتجة من المفاهيم المقابلة للمتغير اللغوي، تقابلًا بالتضاد أو تقابلًا بالسلب والإيجاب. ويجري عادة تعيين خمسة إلى ستة حدود ضبابية لكل مجموعة. وهذا يعتمد على خبرة نظرية وعملية في الميدان المدروس. لذا، تمثّل المجموعات الضبابية أداة تدمج بين العمليات الجبرية والمفاهيم أو المتغيرات اللغوية، فـ «تقدم للباحثين

---

(48) انظر: رينيه ديكارت، حديث الطريقة، ترجمة وشرح وتعليق عمر الشارني (بيروت: المنظمة العربية للترجمة، 2008)، ص 97-98.

(49) Zadeh, «Toward a Theory of Fuzzy Information,» p. 113.

نوعًا من الجبر المفاهيمي؛ أي لغة نِصْفها مفاهيم كلامية ونِصْفها الآخر تحليل رياضي»[50]. فوضع المتغيرات اللغوية يتطلّب معرفة نظرية عميقة بالظاهرة المدروسة، والتحليل الرياضي يستلزم امتلاك خبرة عملية في اختيار توابع الانتماء الملائمة وتحليل البيانات.

إذا كانت عملية البرغلة تعيِّن عدد الحدود الضبابية، فإن درجات الإمكان اللغوية (Linguistic Modifiers) المضافة إلى المتغيرات اللغوية تميِّز بين الأكثر والأقل. وتعني تلك الدرجات ألفاظًا تُضاف إلى المتغيرات اللغوية أو إلى الحدود الضبابية، فتُعدِّل من قيم انتماء الأعضاء إليها، بالزيادة أو النقصان، منها «جدًا»، «على الأغلب»، «عادة»، «باعتدال»، «تقريبًا»، «أقل، إلى حدٍّ ما». إنها تقابل أساليب التقليل والتفضيل[51] في اللغة الطبيعية، وتسمى في منطق الضبابية عمليتي «التوسيع» (Dilation) و«التكثيف» (Concentration). واصطَلَح زاده أن التكثيف الموافق لإضافة اللفظ «جدًا» إلى المتغير اللغوي، يُعطي مجموعة ضبابية معدَّلة، جرى تركيز أو تكثيف قيم انتماء أعضائها برفع قيم انتمائهم إلى المجموعة الأصلية إلى الأس (2) وفق المعادلة [3-12]. أما التوسيع الموافق لإضافة اللفظ «أقل، إلى حدٍّ ما»[52] فيعطي مجموعة ضبابية معدَّلة، جرى توسيع قيم انتماء أعضائها برفع قيم انتمائهم إلى المجموعة الأصلية إلى الأس (0,5) أو حساب الجذر التربيعي لتلك القيم، وفق المعادلة [3-13]. فالتوسيع والتكثيف عمليتان تعدِّلان من جميع قيم الانتماء

---

(50) Ragin, p. 4.

(51) تتضمن اللغات على اختلافها أساليب التفضيل والتقليل. ففي اللغة العربية يصاغ التفضيل من الفعل المتصرِّف الثلاثي التام المعلوم والقابل للمفاضلة، مثل: فضُلَ أفضل، وكبر أكبر، شجُع أشجع. ويصاغ من الاسم باستخدام بعض الألفاظ المساعدة، مثل أكثر احترامًا وأشد بياضًا، وأعظم شأنًا، وتفيد معنى التفضيل أو الزيادة، وأقل احترامًا وأدنى شأنًا، وتفيد معنى التقليل. انظر: أنطوان الدحداح، معجم قواعد اللغة العربية في جداول ولوحات زائد مسرد بالمصطلحات عربي - إنكليزي - فرنسي، مراجعة جورج متري عبد المسيح، موسوعة الدحداح في علم اللعربية، ط 4 (بيروت: مكتبة لبنان ناشرون، 1989)، ص 88.

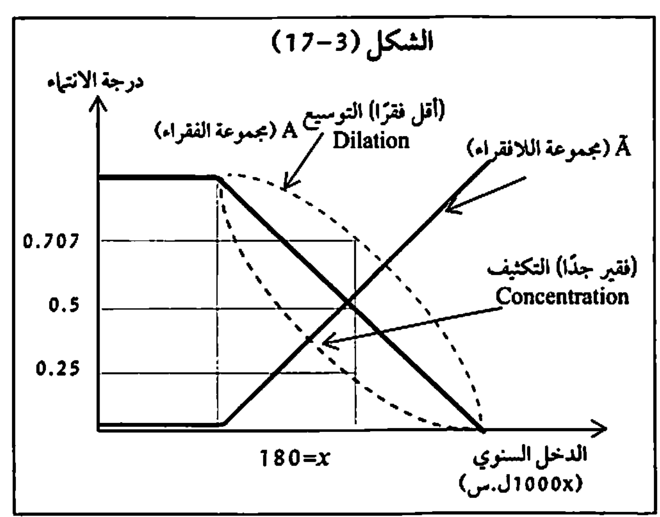
(52) وجدنا أكثر من لفظ مستخدم في اللغة الإنكليزية لعملية التوسيع. إذ استخدم زاده وسميثسون (More or Less)، واستخدم بوجادزيف (Fairly)، في حين استخدم تشارلز راغن (More or Less)، لكنه أشار إلى أن المعنى الأفضل هو (Somewhat).

الجزئية، بالزيادة أو النقصان، لكن تأثيرهما يكون في حدّه الأدنى بالنسبة إلى قيم الانتماء القريبة من درجتي الانتماء الكامل واللاانتماء الكامل[53].

المعادلة [3-12]: $\mu_{very}(x)=(\mu(x))^2$

المعادلة [3-13]: $\mu_{(more\ or\ less)}(x)=\sqrt{\mu(x)}=(\mu(x))^{0.5}$

لو نظرنا إلى هذه الألفاظ بوصفها سورًا للقضية لتبيّن الاختلاف بين المنطق الثنائي القيم ومنطق الضبابية. فبينما لا يستخدم المنطق الثنائي القيم إلا نوعين من التسوير: السور الكلي والسور الوجودي، يحوي منطق الضبابية عددًا من الكلمات المستخدمة للتسوير، ممثّلة بمجموعات ضبابية[54]. إذ يطبّق التوسيع والتكثيف على المجموعات الضبابية وليس لهما مقابل في المجموعات التقليدية.



في الشكل (3-17)، تمثّل المجموعة الضبابية (A) مجموعة «الفقراء» التي تعكس الدخل السنوي[55] لأعضائها. فلو أضيف إليها اللفظان «جدًا»

---

(53) Smithson and Verkuilen, pp. 12-13.

(54) Lotfi A. Zadeh, «The Birth and Evolution of Fuzzy Logic,» *International Journal of General Systems*, vol. 17, nos. 2-3 (1990), p. 101.

(55) استفدنا من الشكل الذي وضعه سميثسون في كتابه *Fuzzy set Theory*، لكننا غيّرنا قاعدة المتغير وتابع الانتماء لتتلاءم مع معدلات الدخل في سورية في عام 2004، في دراسة أجراها محمد دفراوي وآخرون. وفيها قسّم السكان خمس شرائح بحسب الإنفاق الشهري للأسر. واستبدلنا بالإنفاق الشهري الإنفاق السنوي، وأهملنا القيم الأقل من (1000 ل.س.) لسهولة الحساب. وركزنا على الشرائح الثلاث الأولى فحسب لكونها الأشدّ فقرًا. انظر: محمد دفراوي، ميساء ميداني وميساء عكاري، إعداد، خصائص دخل الأسرة وعلاقتها بخصائص مسكنها (دمشق: الجمهورية العربية السورية، رئاسة مجلس الوزراء، المكتب المركزي للإحصاء، 2004)، جدول (1)، ص 9.

و«أقل إلى حدٍّ ما»، لأصبحت قيم انتماء الأعضاء إلى المجموعتين المعدَّلتين «فقير جدًا» و«أقل فقرًا إلى حدٍّ ما» مختلفة عن قيم انتمائهم إلى مجموعة «فقير». وبينما تنخفض قيم انتماء الأعضاء إلى المجموعة المعدَّلة باللفظ «جدًا»، بمقدار النصف تقريبًا، تزداد قيم انتمائهم إلى المجموعة المعدَّلة باللفظ «أقل إلى حدٍّ ما» بمقدار الضعف تقريبًا. وتُكتب معادلات توابع الانتماء لكل من المجموعة الأصلية «فقير» والمجموعتين المعدَّلتين «أقل فقرًا إلى حدٍّ ما» و«فقير جدًا»، على التوالي:

$$F_{(\text{فقير})}(x) = \begin{cases} 0, & \text{if} \quad x > 240\,000 \\ \dfrac{240\,000 - x}{120\,000} & \text{if} \quad 120\,000 \le x \le 240\,000 \\ 1 & \text{if} \quad 60\,000 \le x \le 120\,000 \end{cases}$$

$$F_{(\text{أقل فقرًا})}(x) = \begin{cases} 0, & \text{if} \quad x > 240\,000 \\ \sqrt{\dfrac{240\,000 - x}{120\,000}} & \text{if} \quad 120\,000 \le x \le 240\,000 \\ 1 & \text{if} \quad 60\,000 \le x \le 120\,000 \end{cases}$$

$$F_{(\text{فقير جدًا})}(x) = \begin{cases} 0, & \text{if} \quad x > 240\,000 \\ \left(\dfrac{240\,000 - x}{120\,000}\right)^2 & \text{if} \quad 120\,000 \le x \le 240\,000 \\ 1 & \text{if} \quad 60\,000 \le x \le 120\,000 \end{cases}$$

من الملاحظ أن هاتين العمليتين لا تؤثران في الأعضاء المنتمين إلى المجموعة الأصلية انتماء كاملًا، ولاانتماء كاملًا، لكن الأثر يزداد في الأعضاء، كلما اقتربت قيم انتمائهم، أكثر فأكثر، من القيمة [0,5]، ويقل الأثر تدرّجًا كلما ابتعدت عن هذه القيمة. فمن كان دخله السنوي (x=180 000 S.p.) فهو ينتمي، وفقًا لمعادلات توابع الانتماء السابقة، إلى مجموعة «فقير» بجزء من الدرجة قدره [0,5] وإلى مجموعة «أقل فقرًا إلى حدٍّ ما» بجزء من الدرجة قدره [0,707]، وإلى مجموعة «فقير جدًا» بجزء من الدرجة قدره [0,25]. وهذا ينطبق على المفاهيم المعَدَّلة كلها. فقيمة انتماء النظام إلى مجموعة «الدكتاتوري» تختلف عن قيمتي انتمائه إلى مجموعة «الأقل دكتاتوري إلى حدٍّ ما» وإلى مجموعة «الدكتاتوري جدًا»؛ أي إن قيمة انتمائه إلى المجموعة الأولى أقل من قيمة انتمائه

إلى المجموعة الثانية وأكبر من قيمة انتمائه إلى المجموعة الثالثة. كما أنَّ قيمة انتماء السلعة إلى مجموعة السعر «المرتفع» أقل من قيمة انتمائها إلى مجموعة السعر «الأقل ارتفاعًا إلى حدٍّ ما» وأكبر من قيمة انتمائها إلى مجموعة السعر «المرتفع جدًا».

غير أن إضافة درجات الإمكان اللغوية تتخذ دلالتين: أولاهما سلبية، وثانيتهما إيجابية. ولو تحدثنا بلغة الصدق والكذب المنطقي، فللصادق دلالة إيجابية وللكاذب دلالة سلبية. وبينما تكون قيمة صدق «الصادق جدًا» أكبر من قيمة صدق «الصادق»، تكون قيمة صدق «الكاذب جدًا» أقل من قيمة صدق «الكاذب». وهذا يستدعي بالضرورة مراعاة الدلالة التي يتخذها الحدُّ اللغوي قبل إضافة إحدى هذه الألفاظ[56]. فزيادة قيمة صدق «الصادق» تتغير بالاتجاه الموجب مع «الصادق جدًا»؛ أي يصبح أكثر صدقًا. أما زيادة قيمة صدق «الكاذب» فتتغير بالاتجاه السالب مع «الكاذب جدًا»؛ أي يصبح أكثر كذبًا، أو أقل صدقًا. وبالتالي، فإن لإضافة أي لفظ معدِّل للمتغير اللغوي، مثل «جدًا» أو «أقل إلى درجة ما» دلالة على مقياس المتغير الأصلي، ويتَّخذ اللفظ المضاف دلالته بالإيجاب أو بالسلب على السواء من دلالة المتغير الأصلي. فالديمقراطية مفهوم إيجابي، وبالتالي يكون لمجموعة الدول «الديمقراطية جدًا» دلالة إيجابية بوصفها مؤشرًا على الانفتاح والحريات المتعددة، في حين أن للدول «الأقل ديمقراطية إلى حدٍّ ما» مؤشرًا ينحو بالاتجاه السالب. أما الدكتاتورية فمفهوم سلبي. وبالتالي، مجموعة الدول «الدكتاتورية جدًا» أسوأ أو أكثر سلبية من الدول «الدكتاتورية» وأفضل أو أقل سلبية من الدول «الأقل دكتاتورية إلى حدٍّ ما».

إذا كانت عمليتي التوسيع والتكثيف لا تؤثران في قيمتي الانتماء الكامل واللاانتماء الكامل، فالفائدة منهما بالنسبة إلى هاتين القيمتين تكمن في انتقاء الحالات المدروسة والحالات الواجب استبعادها؛ لكونها لا تحقق الغرض من الظاهرة المدروسة. فالحالات المقابلة لـ «تقريبًا انتماء كامل» (Almost Fully

(56) Badredine Arfi, *Linguistic Fuzzy Logic Methods in Social Sciences* (Berlin, Germany: Springer, 2010), p. 26.

(In – ويمكن أن تعادل جزءًا من الدرجة قدره [0,99]– و«تقريبًا لا–انتماء كامل» (Almost Fully Out) – ويمكن أن تعادل جزءًا من الدرجة قدره [0,02] – قلّما تتغير قيمتهما مع عمليتي التوسيع والتكثيف. لذا، يتعيّن على الباحث أن يولي عناية خاصة لاختيار الحالات الواقعة عند نهايتي المجال. فإذا كان لحكومة ما قيمة انتماء إلى مجموعة الحكومات «البيروقراطية» مساوية [0,99]؛ أي هي «تقريبًا بالكامل ضمن» مجموعة الحكومات البيروقراطية، فستكون أيضًا «تقريبًا بالكامل ضمن» مجموعة الحكومات «البيروقراطية جدًا» وقيمة انتمائها [0,98]. وإذا كان لدولة ما قيمة انتماء منخفضة جدًا إلى مجموعة الدول «الديمقراطية»؛ أي هي «تقريبًا بالكامل خارج» المجموعة، وتقابل القيمة [0,02]، فستكون أيضًا «تقريبًا بالكامل خارج» مجموعة الدول «الديمقراطية جدًا» [0,0004]. وهنا يتعيّن على الباحث أن يُعيد النظر، أو يعيد تقويم مثل هذه الحالات، وربما يرغب في استثناء بعضٍ منها[57]. وبالتالي، تكمن أهمية هاتين العمليتين في تعميق العلاقة بين المعرفة النظرية والمعرفة التطبيقية من جهة، وفي التركيز على تنوع الظواهر أكثر من الاهتمام بتماثلها من جهة أخرى. وإذا كان تركيز منطق الضبابية ينصبُّ على الظواهر الغامضة والمعقدة، فهذا لا يعني أنه منهج نلجأ إليه للتعامل مع التعقيد الذي يتعذّر فهمه فحسب، وإنما هو أيضًا طريقة لتبسيط إنجاز المهمات التي لا تفترض الدقة العالية أو الصارمة ولا تتطلبها. وهي مهمات تتخلل مستويات أفعالنا الواعية وغير الواعية[58]. ففي الحياة اليومية قلما يحكم البشر على القضايا حكمًا صارمًا، وإنما يستخدمون مفردات تحيل على دلالات تقريبية، مثل «الجو حار، إلى حدٍّ كبير» أو «اليوم أشدُّ ازدحامًا من الأمس» أو «الأوضاع المعيشية صعبة جدًا» أو «معدلات البطالة تتزايد تقريبًا» أو «الأسعار على الأغلب مرتفعة هذه الأيام» ... إلخ. وبهذا المعنى يحاكي منطق الضبابية طريقة تفكير بعض الناس وأساليب حكمهم على القضايا، كما يمثّل المنطق الثنائي القيم أو المنطق المتعدّد القيم طريقة تفكير البعض الآخر.

(57) Ragin, pp. 176-178.

(58) Lotfi A. Zadeh [et al.], eds., *Fuzzy Sets and their Applications to Cognitive and Decision Processes* (New York: Academic Press, 1975), p. 3.

في ضوء ما سبق، يتبيّن أن الحدود الضبابية ومعها درجات الإمكان اللغوية، فضلًا عن توابع الانتماء الضبابي، تميز المجموعة الضبابية من المجموعة التقليدية، الأمر الذي يسمح بتمثيل المفاهيم المقابلة للظواهر الغامضة والمعرفة اللايقينية واللغة الملتبسة، على نحو متقن. لكن معرفة قيم انتماء الأعضاء إلى المجموعات الضبابية تُوظَّف في الاستدلالات الضبابية؛ أي في الربط بين المتغيرات اللغوية المختلفة عن طريق العلاقة الممكنة بين أعضاء المجموعات الفرعية الضبابية. والعلاقة الضبابية هي ما تقوم بهذا الربط؛ أي تعيِّن درجة ارتباط عضوين أو أكثر من مجموعتين ضبابيتين أو أكثر. وتتحدد قيمة صدق تلك العلاقة من قيمة صدق القضية المركبة؛ أي من قيم الانتماء إلى المجموعات الضبابية.

رابعًا: العلاقات الضبابية

تستمدُّ دراسة العلاقات الضبابية أهميتها من كونها تمثل حلقة الوصل بين المجموعات الضبابية والاستدلالات الضبابية. ذلك أن قيم الصدق لتلك العلاقات تحدِّد في النهاية قيم صدق الاستدلال الضبابي. وتتعيَّن قيم صدق العلاقات الضبابية بدلالة قيم صدق القضايا الضبابية المركبة؛ أي بقيم الانتماء إلى مجموعتين ضبابيتين أو أكثر، وفقًا لتوابع الانتماء الخاصة بكل مجموعة فرعية على حدة. وهذا يعني أنه لا يمكن الفصل بين تعيين قيم صدق العلاقات الضبابية وقيم صدق الاستدلالات الضبابية وقيم الانتماء إلى المجموعات الضبابية.

من ثم، تتطلب معرفة قيم الصدق للروابط المنطقية (Logical Connectives) بين القضايا الضبابية المركبة - أي النفي والعطف والانفصال واللزوم - تعيين قيم الانتماء إلى المجموعات الضبابية المكوِّنة لتلك القضايا. فقيم صدق القضية (p) المعرَّفة على النحو: «p≙x is A» تتعيَّن من قيم الانتماء إلى المجموعة الضبابية (A)، وقيم صدق القضية (q) المعرَّفة على النحو: «q≙y is B» تتعيَّن من قيم الانتماء إلى المجموعة الضبابية (B). أما قيم صدق النفي أو العطف أو الانفصال أو اللزوم، بين القضيتين، فتتعين بدلالة قيم صدق العلاقات الضبابية بين المجموعات الضبابية. لذا، نحاول إلقاء الضوء على تلك الروابط ومعرفة قيم صدق العلاقات الضبابية.

تخضع الروابط المنطقية بين القضايا الضبابية لقواعد المجموعات الضبابية نفسها، مثلما تخضع هذه الروابط بين قضايا المنطق التقليدي لقواعد المجموعات التقليدية. وبينما تتخذ القضايا التقليدية قيمتين للصدق لا ثالث لهما: الكذب المحض، أو قيمة الصدق [0] والصدق المحض، أو قيمة الصدق [1]، ويقابلهما قيمتا الانتماء إلى المجموعة التقليدية {1،0}، تتخذ القضايا الضبابية قيمًا غير نهائية للصدق، تمثلها قيم انتماء المجال [1،0] إلى المجموعة الضبابية، وتستخرج هذه القيم من تابع الانتماء إلى هذه المجموعة وإلى مجموعاتها الفرعية.

لذا، يجري تناول الروابط المنطقية بين هذه القضايا التي تعيِّن قيم صدق العلاقات الضبابية أو درجة الارتباط بين أعضاء المجموعات الضبابية. وتمثل هذه العلاقات دمجًا بين مفهوم العلاقات في المجموعات التقليدية وأسس المجموعة الضبابية. وهذه الروابط هي النفي المنطقي الضبابي للقضية أو نقيضها (~)، والعطف المنطقي الضبابي (AND, ∧)، والانفصال المنطقي الضبابي (OR. ∨)، واللزوم المنطقي الضبابي (⇒.If....then).

ينتج من العلاقة بين مجموعتين (A) و(B)، مجموعة جديدة تربط أعضاء المجموعة الأولى بأعضاء المجموعة الثانية وفق رابط يُحدّد بالعلاقة (R)[59]. وتُمثِّل هذه العلاقة، في المجموعة التقليدية أم الضبابية، مجموعة حدُّها الأول هو الزوج المرتب أو الثنائية (x,y) - حيث ينتمي العضو الأول (x) إلى المجموعة الأولى (A) والعضو الثاني (y) إلى المجموعة الثانية (B) - وحدُّها الثاني هو الجداء الديكارتي[60] للمجموعتين (A×B). وبهذا، فالمجموعة التي

(59) العمليات كلها المطبقة على العلاقة الثنائية - أي العلاقة بين مجموعتين - يمكن تعميمها على أكثر من مجموعتين، فتكون العلاقة ثلاثية أو رباعية ... وبهدف التبسيط نتناول العلاقة الثنائية فحسب.

(60) نسبة إلى ديكارت مؤسس الهندسة التحليلية التي تقوم على تمثيل الأشكال الهندسية بمعادلات جبرية تساعد في دراسة خصائصها. وفي الجداء الديكارتي (Cartesian Product)، يجري تعيين نقاط المستوي بواسطة إحداثياتها على المحاور الأفقية والشاقولية. ويجري تمثيل كل نقطة من هذه النقاط بثنائية (x,y). وبذلك يسمح الجداء الديكارتي بتمثيل العلاقة بين عناصر مجموعتين أو أكثر، حيث تمثل عناصر المجموعة الأولى المحور الأفقي، وعناصر المجموعة الثانية المحور الشاقولي. لذا يختلف الجداء الديكارتي عن عملية الضرب الجبري التي لا يهمُّ فيها الترتيب؛ أي إن الضرب الجبري =

تشكِّل العلاقة بين المجموعتين (A) و(B) مجموعة فرعية من الجداء الديكارتي بينهما[61].

لو كانت المجموعتان التقليديتان (A) و(B)، عناصرهما: ({A={0,2,4) و({B={0,1,2)، فالجداء الديكارتي بينهما هو مجموعة أعضاؤها الثنائيات:

$$A\times B=\{(0,0),(0,1),(0,2),(2,0),(2,1),(2,2),(4,0),(4,1),(4,2)\}$$

لو عرَّفنا العلاقة (R1) بأنها (أكبر من)؛ أي إنها المجموعة التي ترتبط عناصرها بعلاقة «أكبر من»، لحصلنا على مجموعة فرعية من الجداء الديكارتي، عناصرها ثنائيات، حدُّها الأول حصرًا - المنتمي إلى المجموعة الأولى (A) - أكبر من حدِّها الثاني - المنتمي إلى المجموعة الثانية (B)؛ أي هي المجموعة ذات الثنائيات: ({R1={(2,0),(2,1),(4,0),(4,1),(4,2)).

من الواضح أن العلاقة هنا تستند إلى قيمتي الصدق [0] و[1]؛ بمعنى إما أن هناك علاقة بين العنصرين اللذين يكون فيهما الأول أكبر من الثاني، وإما لا وجود لها؛ أي لا تحوي المجموعة الناتجة من تلك العلاقة العناصر التي يكون فيها الحدُّ الأول أصغر من الحدِّ الثاني، أو مساويًا له. فالعلاقة، وفقًا للمنطق الثُّنائي القيم، هي علاقة حضور أو غياب، وجود أو عدم وجود ولا ثالث لهما. ويأخذ تابع الانتماء إلى تلك العلاقة صورة تابع الانتماء إلى المجموعة التقليدية على النحو[62]:

$$\mu_{R_1}(x,y)=\begin{Bmatrix} 1, & \text{if } x>y|(x,y)\in R_1\subset A\times B \\ 0, & \text{if } x\leq y|(x,y)\notin R_1\subset A\times B \end{Bmatrix}$$

أما في المجموعة الضبابية فلا تكون العلاقة حضورًا أو غيابًا، وإنما هي درجة ما تحدِّدها أجزاء من درجة الانتماء إلى تلك المجموعة. وبهذا، تؤدي

=عملية تبديلية. أما في الجداء الديكارتي فالناتج هو مجموعة عناصرها ثنائيات، حدُّها الأول ينتمي إلى المجموعة الأولى، وحدُّها الثاني ينتمي إلى المجموعة الثانية. وبالتالي، فالضرب هنا ليس تبديليًا؛ أي $A\times B\neq B\times A$.

(61) Bojadziev and Bojadziev, pp. 5-6.

(62) المصدر نفسه، ص 7-8.

العلاقات الضبابية دورًا مهمًا في تمثيل العلاقات المختلفة لكونها تعطي جزءًا من الدرجة، كبيرًا أو صغيرًا، لكل زوج مرتب من عناصرها، بحسب مدى تحقيقه العلاقة، وتسمح بالتعبير عن العلاقات القائمة بين عناصر المجموعات، خصوصًا العلاقات الشائعة الاستخدام في اللغة الطبيعية، بشكل أكثر إتقانًا من العلاقة الثنائية. ومن هذه العلاقات، علاقة الأقرب بدرجة ما والأبعد بدرجة ما والأقل بكثير والأكبر بكثير، أو الأصغر إلى حدٍّ ما أو تقريبًا متساويين ... إلخ. ونعني بذلك العلاقات التي تحدِّدها أجزاء من درجة الانتماء للأزواج المرتبة إلى المجموعة الضبابية ودرجات الإمكان اللغوية المضافة إلى الحدِّ الضبابي. فإذا كانت المجموعتان الضبابيتان (A و B) المعرَّفتان ضمن المجموعتين الشاملتين (U_1 و U_2)، على التوالي، فالعلاقة الضبابية لـ(A×B) هي مجموعة ضبابية فرعية من الجداء الديكارتي لهما، تابع انتمائها[63]:

$$R=\{(x,y),\mu_R(x,y)|(x,y)\in A\times B,\ \mu_R(x,y)\in[0,1]\}$$

العلاقة الضبابية ليست محصورة بقيم مطلقة؛ أي لا تقتصر العلاقة على حضور مطلق أو غياب مطلق، وإنما لها درجات متباينة من الحضور؛ أي إن للزوج المرتب (x,y) قيم انتماء تقع ضمن المجال [1،0]. لذا، تكون عناصر هذه المجموعة ثنائيات، حدُّها الأول هو الزوج المرتب (x,y) من عناصر المجموعتين الضبابيتين، كما هو الحال في المجموعة التقليدية، لكن حدَّها الثاني هو تابع الانتماء (μ_R) لتلك العلاقة الذي يحدد قيم الانتماء لكل زوج من الأزواج المرتبة، والذي يختلف باختلاف العلاقة والغرض والسياق. كما تظهر الأزواج المرتبة كلها، بما فيها تلك التي ترتبط عناصرها ارتباطًا ضعيفًا جدًا أو معدومًا، خلافًا للعلاقة التقليدية التي تقتصر على ذكر العناصر التي تحقق العلاقة فحسب. وبتعيين قيم الانتماء إلى المجموعات الضبابية المكوِّنة للقضايا الضبابية، وفق تابع انتماء كل منها، يصبح من الممكن تعيين قيم صدق الأزواج المرتبة التي تكوِّن العلاقات الضبابية بين أعضاء هذه المجموعات. وبهدف الكشف عن هذه القيم، تتم مناقشة العلاقات من خلال مثال تطبيقي.

(63) المصدر نفسه، ص 26-27.

مثال تطبيقي: هب أن لدينا القضيتين الضبابيتين (p) و(q) المعرَّفتين على النحو التالي:

P: الموظف من ذوي الخبرة المتوسطة (قضية بسيطة صورتها العامة: $p \triangleq x$ is A)؛ حيث يكون لسنوات الخبرة (x_i) قيم انتماء إلى مجموعة الخبرة «المتوسطة» على النحو:

$$A=\{(x_1,0.2),(x_2,0.4),(x_3,0.8)\}$$

q: الموظف من ذوي الكفاءة المرتفعة (قضية بسيطة صورتها العامة: $q \triangleq y$ is B) حيث يكون لمستوى الكفاءة (y_i) قيم انتماء إلى مجموعة الكفاءة «المرتفعة» على النحو:

$$B=\{(y_1,0.5),(y_2,0.1)\}$$

تعتزم شركة ما اختيار عدد من الموظفين لتسريحهم، وفقًا لمتغيري سنوات الخبرة الأقل، ومستوى الكفاءة الأدنى، بعد أن تضع قيمة للعتبة الدنيا[64] التي يتعيَّن على الموظفين تحقيقها أو تجاوزها، كي لا يتم استبعادهم؛ أي إنها تنظر في قيم انتماء الموظفين إلى المجموعتين الضبابيتين «متوسِّط» الخبرة، و«مرتفع» الكفاءة. ربما تختار الموظفين الذين لا يحققون شرط الخبرة المتوسطة، أو الذين لا يحققون شرط الكفاءة المرتفعة؛ أي معرفة قيمة الصدق لنفي القضيتين ($\sim P$)، ($\sim q$). وربما تختار الموظفين الذين لا يحققون الشرطين معًا؛ أي معرفة قيمة الصدق للعطف المنطقي الضبابي بين القضيتين ($p \wedge q$). وربما تختار ممن لا يحققون أحد الشرطين، على الأقل؛ أي معرفة قيمة الصدق للانفصال المنطقي الضبابي بين القضيتين ($p \vee q$). وربما تختار ممن يلزم أحد الشرطين عنده عن الآخر أو يؤدي إليه؛ أي معرفة قيمة الصدق للزوم المنطقي الضبابي بين القضيتين ($p \Rightarrow q$). ومن أجل ذلك، يُعتمَد على العمليات الأساسية بين المجموعات الضبابية؛ ونعني المتمم أو النفي والتقاطع والاجتماع والتضمن، إضافة إلى الجداء الديكارتي للمجموعتين الضبابيتين ($A \times B$).

---

(64) العتبة الدنيا (α-cut) أو ما يسمى قيمة القطع: هي الحد الأدنى للانتماء الذي يحقق الغرض من المجموعة. ويتغير هذا الحد بتغير الغرض. إذ ربما تختار الشركة حدًا أدنى (0,7)، إذا أرادت خفض عدد موظفيها بشكل كبير، وربما تختار (0,4) إذا أرادت الاحتفاظ بمعظم موظفيها.

1- النفي المنطقي

لا يختلف نفي القضية في صورته عن متمم المجموعة؛ أي إن قيم صدق القضية الضبابية المنفية يحددها تابع انتماء المجموعة المتممة للمجموعة الأصلية. وبالتالي، فقيم صدق القضية المنفية هي ناتج طرح قيمة صدق القضية الأصلية من العدد واحد. وتصبح قيم صدق القضيتين المنفيتين(65):

المعادلة [3-14]: $[\sim p]=1-\mu_A(x) \mid x \in A \Rightarrow [\bar{p}]=\bar{A}=\{(x_1,0.8),(x_2,0.6),(x_3,0.2)\}$

المعادلة [3-15]: $[\sim q]=1-\mu_B(y) \mid y \in B \Rightarrow [\bar{q}]=\bar{B}=\{(y_1,0.9),(y_2,0.5)\}$

يتضح، وفق هذه الدالة، أن ثمة تداخلًا بين قيمتي الصدق للقضية ونقيضها، أو تقاطعًا بين انتماء العضو إلى المجموعة وانتمائه، في الوقت ذاته، إلى مجموعتها المتممة. فالموظف الذي ينتمي إلى مجموعة ذوي الخبرة «المتوسطة» بجزء من الدرجة قدره [0,2]، ينتمي، في الوقت نفسه، إلى مجموعة ذوي الخبرة «اللامتوسطة»، وفق المعادلة [3-14]، بجزء من الدرجة قدره [0,8]؛ والموظف الذي ينتمي إلى مجموعة ذوي الكفاءات «المرتفعة» بجزء من الدرجة قدره [0,1]، ينتمي، في الوقت عينه، إلى مجموعة ذوي الكفاءات «اللامرتفعة»، وفق المعادلة [3-15]، بجزء من الدرجة قدره [0,9] ... إلخ. وبالتالي، كلتا القضيتين - الأصلية والمنفية - صادقة، لكن قيمة صدق القضية الأولى أقل من قيمة صدق القضية الثانية؛ أو أن القضية الثانية أقرب إلى الصدق من الأولى.

هذا يعني أن على الموظفين تحقيق العتبة الدنيا أو تجاوزها، سواء للخبرة المتوسطة أم للكفاءة المرتفعة؛ كي يتم الاحتفاظ بهم. إذ ربما يشمل التسريح الموظفين الذين لخبرتهم المتوسطة (x_i) قيم أقل من العتبة الدنيا. وربما يشمل الموظفين الذين لكفاءتهم المرتفعة (y_i) قيم أقل من العتبة الدنيا التي تضعها الشركة بما يتلاءم مع أهدافها.

(65) Bojadziev and Bojadziev, pp. 46-47.

2 - العطف المنطقي

تُحدَّد قيم صدق العطف الضبابي بين قضيتين، من قيم انتماء أعضاء المجموعتين الضبابيتين، وفقًا للمعادلة [3-16][66]:

المعادلة [3-16]: $[p \wedge q]=\mu_{A \times B}(x,y)=\min(\mu_A(x),\mu_B(y)|\ (x,y)\in A\times B$

الجدول 1			
A	$\mu_{A \times B}(x,y)=$	B	
	$p \wedge q$	Y_1	Y_2
	X_1	0.1	0.2
	X_2	0.1	0.4
	X_3	0.1	0.5

بالنسبة إلى كل زوج أو ثنائية في الجداء الديكارتي للمجموعتين (A×B)، نختار قيمة الحد الأدنى للانتماء. ويمكن الحصول على قيم صدق العطف الضبابي من العلاقة التي تحقق الحد الأدنى لقيمتي انتماء كل زوج مرتب (x,y) إلى المجموعة الفرعية الضبابية من الجداء الديكارتي للمجموعتين الضبابيتين. فالناتج هو مجموعة ضبابية عناصرها، وفق المعادلة [3-16]، والجدول (1): $p \wedge q=\{((x_1,y_1),0.1),((x_1,y_2),0.2),((x_2,y_1),0.1),((x_2,y_2),0.4),((x_3,y_1),0.1).$ $((x_3,y_2),0.5))\}$

هذا يعني أن على الموظفين تحقيق العتبة الدنيا للخبرة المتوسطة والكفاءة المرتفعة أو تجاوزها؛ كي يُحتفظ بهم. فالتسريح يبدأ من الموظفين الذين لخبرتهم المتوسطة وكفاءتهم المرتفعة (x_i,y_i) أقلّ حدٍّ أدنى، وهم من قيمة انتمائهم [0,1]؛ ثمّ الموظفين الذين لخبرتهم المتوسطة وكفاءتهم المرتفعة قيمة الانتماء [0,2]؛ وهكذا صعودًا إلى قيمة العتبة الدنيا التي تضعها الشركة بما يتلاءم مع أهدافها.

3 - الانفصال المنطقي

يجري تعيين قيم صدق الانفصال الضبابي بين قضيتين: قيم انتماء أعضاء المجموعتين الضبابيتين وفقًا للمعادلة [3-17][67]:

المعادلة [3-17]: $[p \vee q]=\mu_{A \times B}(x,y)=\max(\mu_A(x),\mu_B(y))|(x,y)\in A\times B$

---

(66) المصدر نفسه، ص 51-52، و Chen and Pham, p. 71.

(67) Bojadziev and Bojadziev, pp. 52-53, and Chen and Pham, p. 71.

بالنسبة إلى كل زوج أو ثنائية في الجداء الديكارتي للمجموعتين (A×B)، نختار قيمة الحدّ الأعلى (max) للانتماء. ويمكن الحصول على قيم صدق الانفصال الضبابي من العلاقة التي تحقق الحدَّ الأعلى لقيمتي انتماء كل زوج مرتب (x,y) إلى المجموعة الفرعية الضبابية من الجداء الديكارتي للمجموعتين الضبابيتين. فالناتج هو مجموعة ضبابية عناصرها وفق المعادلة [3-17]، والجدول (2):

الجدول 2			
	$\mu_{AxB}(x,y)=$ p∨q	B	
		Y_1	Y_2
A	X_1	0.2	0.5
	X_2	0.4	0.5
	X_3	0.8	0.8

$$p\vee q=\{((x_1,y_1),0.2),((x_1,y_2),0.5),((x_2,y_1),0.4),((x_2,y_2),0.5),((x_3,y_1),0.8),((x_3,y_2),0.8))\}$$

هذا يعني أن على الموظفين تحقيق العتبة الدنيا لأحد الشرطين على الأقل أو تجاوزها - أي للخبرة المتوسطة أو الكفاءة المرتفعة - كي يحتفظ بهم. فالتسريح يبدأ من الموظفين الذين لخبرتهم المتوسطة أو كفاءتهم المرتفعة (x_i,y_i) أقلّ حدّ أعلى، وهم من قيمة انتمائهم [0,2]، ثم الموظفين الذين لخبرتهم المتوسطة أو كفاءتهم المرتفعة قيمة الانتماء [0,4]، وهكذا صعودًا إلى قيمة العتبة الدنيا التي تضعها الشركة بما يتلاءم مع أهدافها.

4- اللزوم المنطقي

يجري تعيين قيم صدق اللزوم الضبابي بين قضيتين بطرائق عدة[68]، إحداها تتعين بالمعادلة [3-18][69]:

المعادلة [3-18]: $[p\Rightarrow q]=\min(1,1-\mu_A(x)+\mu_B(y))\mid(x,y)\in A\times B$

بالنسبة إلى كل زوج أو ثنائية في الجداء الديكارتي للمجموعتين (A×B) نختار قيمة الحدّ الأدنى للانتماء، بين القيمة (1) وناتج جمع قيمتي انتماء العنصر

---

(68) وضع كلير ويوان عشر طرائق مختلفة للاستدلال على قيم صدق دالة اللزوم. إحداها، الطريقة نفسها المستخدمة في المنطق الثُّنائي القيم، ([P⇒ Q]=1 if [(P)]≤[(Q)], else [P⇒ Q]=0). انظر: George J. Klir and Bo Yuan, *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications* (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR, 1995), pp. 308-310.

(69) William Siler and James J. Buckley, *Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning* (Hoboken, NJ: Wiley, 2005), p. 34; Bojadziev and Bojadziev, pp. 52-54, and Chen and Pham, pp. 74-75.

الأول إلى المجموعة الأولى والعنصر الثاني إلى المجموعة الثانية، مطروحين من الواحد. ويمكن الحصول على قيم صدق اللزوم الضبابي من العلاقة التي تحقق الحدَّ الأدنى لقيمتي انتماء كل زوج مرتب (x,y) إلى المجموعة الفرعية الضبابية من الجداء الديكارتي للمجموعتين الضبابيتين. فالناتج هو مجموعة ضبابية عناصرها وفق المعادلة [3-18]، والجدول (3):

الجدول 3			
	$p \Rightarrow q$	B	
		Y_1	Y_2
A	X_1	0.7	0.3
	X_2	0.5	0.1
	X_3	0.1	1

$$p \Rightarrow q=\{((x_1,y_1),0.7),((x_1,y_2),0.3),((x_2,y_1),0.5),((x_2,y_2),0.1),((x_3,y_1),0.1),((x_3,y_2),1))\}$$

هذا يعني أن على الموظفين تحقيق العتبة الدنيا أو تجاوزها، للشرطين بالقياس على الواحد - أي للخبرة المتوسطة أو الكفاءة المرتفعة - كي يحتفظ بهم. فالتسريح يبدأ من الموظفين الذين لخبرتهم المتوسطة وكفاءتهم المرتفعة (x_i,y_i) أقلُّ حدٍّ أدنى بالقياس على الواحد، وهم من قيمة انتمائهم [0,1]، وهكذا صعودًا إلى قيمة العتبة الدنيا التي تضعها الشركة بما يتلاءم مع أهدافها.

من الملاحظ أن العمليات المطبقة على القضايا المنطقية الضبابية - أي النفي والعطف والانفصال واللزوم - لمعرفة قيم صدقها، مماثلة للعمليات المطبقة على المجموعات الضبابية من أجل معرفة قيم انتمائها، لكن الفرق هو أن توابع انتماء المجموعات الضبابية تحدد العلاقة بين أعضاء المجموعة الواحدة ومجموعاتها الفرعية، أي إن أعضاء المجموعة الضبابية والمجموعة الناتجة من العمليات الضبابية على المجموعات، ليست ثنائيات أو أزواجًا مرتبة، كما هو الحال في القضايا. ففي حال التقاطع بين مجموعتين ضبابيتين نختار الحدَّ الأدنى لانتماء العضو إلى المجموعتين، لكننا نختار، في حالة العطف بين قضيتين ضبابيتين، الحدَّ الأدنى لانتماء الزوج المرتب إلى القضيتين. وبهذا يمكن أن نستدل على قيم صدق القضايا المركبة، أو أجزاء من درجة الانتماء لعناصرها أو للأزواج المرتبة فيها.

لكن، هل ثمة طريقة لتمثيل قيم صدق القضايا الضبابية مع قيم صدق القضايا التقليدية؟ بمعنى إذا كانت الأولى تأخذ قيم صدقها من قيم الانتماء إلى المجموعات الضبابية، وتأخذ الثانية قيم صدقها من قيمتي الانتماء إلى المجموعات التقليدية،

وتلك لا تلغي هذه، وإنما تحويها، فهل يمكن التعبير عن قيم صدق القضايا الضبابية والقضايا التقليدية، بدلالة المجموعات والعلاقات بينها؟

في محاولة الإجابة عن هذا السؤال، استفدنا من طريقة كوسكو(70) في تمثيل التكوينات الممكنة للقضايا المركبة، أو تمثيل المجموعات، بطريقة هندسية، استخدم فيها القطعة المستقيمة والمربع والمكعب، بدلًا من قوائم الصدق التقليدية. ففي المنطق الثُّنائي القيم، حيث للقضية قيمتان للصدق، يمكن معرفة تلك التكوينات وفقًا لعدد القضايا من العلاقة (2^n). فالتكوينات الممكنة لقضيتين هي (4)، ولثلاث قضايا هي (8) ... إلخ. وعمد كوسكو إلى تمثيل القضية الواحدة بقطعة مستقيمة، نهايتاها تقابلان قيمتي صدق القضية؛ أو حالتي الانتماء المطلق واللاانتماء المطلق إلى المجموعة التقليدية. وفي حال كنا أمام قضيتين، يُمثّلان بمربع، والثلاث قضايا بمكعب ... إلخ. وفي الحالات كلها تتموضع قضايا المنطق الثُّنائي القيم، في زوايا هذه الأشكال الهندسية، بينما تتموضع قضايا منطق الضبابية، داخلها. كما يظهر في الشكل (3-18 / a,b,c)(71).

في الشكل (3-18-a)، وهي حالة قضية واحدة، تمثل نهايتا القطعة المستقيمة حالتي الصدق المحض [1] والكذب المحض [0] اللتين يمكن أن تتخذهما أي قضية، وفقًا للمنطق الثُّنائي القيم. أما الخط المستمر الواصل بين هاتين النقطتين - نهايتي القطعة المستقيمة - فيمكن أن يمثل قيم الصدق اللانهائية للقضايا الضبابية، وهي المسافة بين أي نقطتين. وأما نقطة الوسط، أو منتصف القطعة المستقيمة، التي تبعد المسافة ذاتها عن نهايتي القطعة، فهي الموافقة لنقطة التحول، لأن قيمة صدق القضية قبلها تكون أقرب إلى الكذب منها إلى الصدق، وتتحول بعدها فتصبح أقرب إلى الصدق منها إلى الكذب.

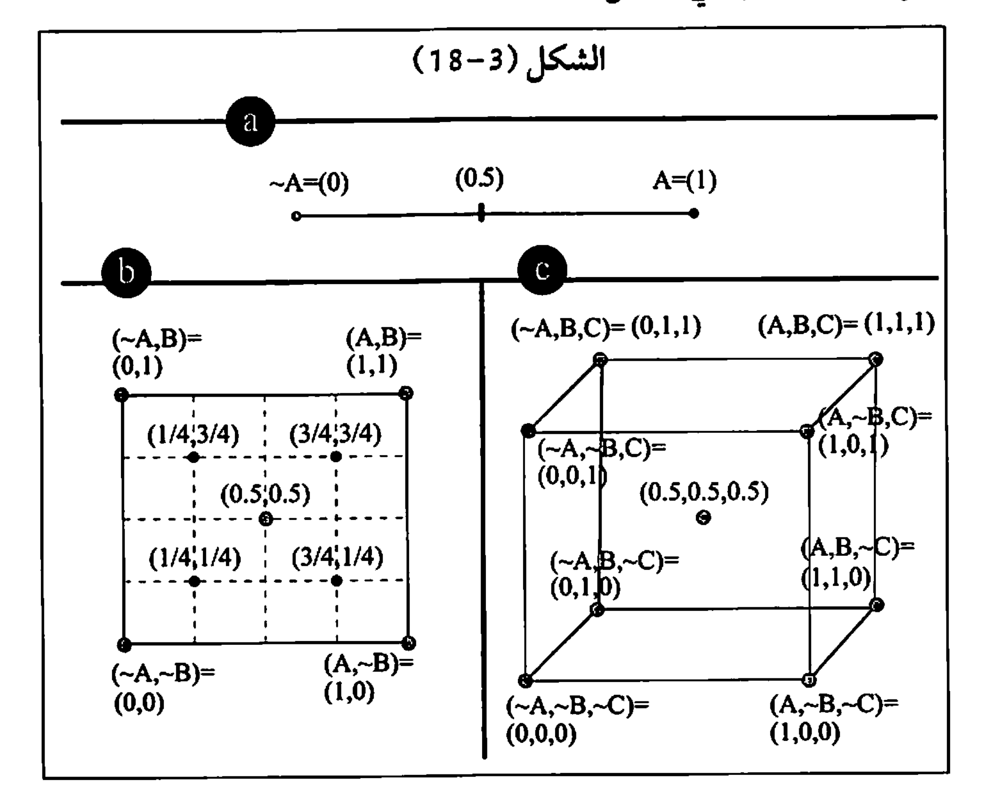
---

(70) استعان بارت كوسكو لتمثيل تلك التكوينات بلعبة «مكعب روبيك» (Rubik's cube). وهو مكعب أجزاؤه متمفصلة بشكل قابل للحركة، ملون بألوان مختلفة حيث يتعين على الطفل أن يحركها ويرتبها ليصبح كل صفٍّ من الصفوف فيه لونًا واحدًا. واستخدم روس هذه الطريقة أيضًا. انظر: Timothy J. Ross, *Fuzzy Logic with Engineering Applications* (New York: McGraw-Hill, 1995), pp. 33-34.

(71) Kosko, *Fuzzy Thinking*, pp. 29-33.

أما في الشكل (3-18-b)، فهو حال القضيتين؛ أي أربعة تكوينات: حالة واحدة تكون القضيتان صادقتين معًا (1،1) وحالة واحدة تكونان كاذبتين معًا (0،0) وحالتان تكون إحداهما صادقة والأخرى كاذبة؛ أي (1،0) و(0،1). وتتوضع هذه القيم على زوايا المربع حيث تتقابل كل قيمة صدق مع متممتها؛ أي إن العلاقة بين كل زاويتين متقابلتين هي علاقة التناقض المنطقي. كما أن العلاقات الممكنة بين القضايا التقليدية هي تلك التي تعبّر عنها الخطوط المستقيمة الواصلة بين الزوايا فحسب. وكذلك هو الحال بالنسبة إلى ثلاث قضايا، إذ نحصل على ثمانية تكوينات: حالة واحدة تصدق فيها القضايا الثلاث؛ أي (1،1،1)؛ وحالة واحدة تكذب فيها كلها؛ أي (0،0،0)؛ وثلاث حالات تكذب إحداهما وتصدق الأخريان؛ أي (1،1،0) و(1،0،1) و(0،1،1)؛ وثلاث حالات تصدق إحداهما وتكذب الأخريان؛ أي (1،0،0) و(0،1،0) و(0،0،1). وهذه القيم كلها تتوضع على زوايا المكعب في الشكل (3-18-c).

الشكل (3-18)



من الواضح أنه في الأشكال الثلاثة يبقى كلٌّ من مبدأ عدم التناقض ومبدأ الثالث المرفوع صحيحًا في الزوايا فحسب؛ أي في المنطق الثُّنائي القيم. فالحالة التي تصدق فيها القضيتان معًا (1،1) تناقض الحالة التي تكذبان فيها معًا (0،0)، وتقع في الزاوية المقابلة لها، والحالة التي تصدق فيها الأولى وتكذب الثانية (1،0) تناقض الحالة التي تكذب فيها الأولى وتصدق الثانية (0،1)، وتقع في الزاوية المقابلة لها، وبهذا يتحقق المبدآن على النحو:

(1,0) OR (0,1) =(1,1)   (1,1) OR (0,0) =(1,1)

(1,0) AND (0,1) =(0,0)   (1,1) AND (0,0) =(0,0)

أما القيم الضبابية فتتوزع على كامل سطح المربع، أو تنتشر داخله، وتملأ الحيز الداخلي للمكعب، ولا تقتصر على الزوايا فحسب. فالمنطق الثُّنائي القيم يشغل نقاطًا محدَّدة هي الزوايا، وهذا يجعل العلاقات القائمة بين القضايا، أو بين المجموعات، تتخذ صفة وجود أو عدم، علاقة حضور أو غياب. كما يشغل المنطق المتعدِّد القيم نقاطًا داخل المربع أو المكعب هي نقاط تقاطع قيمة انتماء العنصر الأول إلى المجموعة الأولى مع قيمة انتماء العنصر الثاني إلى المجموعة الثانية. بينما يتخذ منطق الضبابية من السطوح أو المساحات مكانًا له، ويملأ الحيز الداخلي للمجسمات. وهذا ما يؤكد أن الحالات الضبابية أكثر انتشارًا في العالم من الحالات غير الضبابية؛ بمعنى أن غموض الواقع ولايقين المعرفة والتباس اللغة، تشغل كلها حيزًا أكبر من التعيين أو التحديد في الواقع، واليقين في المعرفة، والوضوح في اللغة. وهذا يسمح بدرجات مختلفة من العلاقات الممكنة بين القضايا الضبابية، أو بين عناصر المجموعات الضبابية التي تتألف منها تلك القضايا. والعلاقات هنا، بتعبير هندسي، ليست خطوطًا مستقيمة، بل منحنيات وتعرجات متشابكة ومعقدة. وتتخذ الحالة الأشد ضبابية - الواقعة في مركز المربع وقيمة صدقها (0,5،0,5)، أو في مركز المكعب وقيمة صدقها (0,5،0,5،0,5) ... أو في مركز أي شكل هندسي ذي أضلاع (ن) - أهمية كبيرة بوصفها إحدى نقاط الارتكاز في المجموعات الضبابية. فكلما اقتربت قيمة صدق إحدى القضايا الضبابية من إحدى الزوايا مبتعدة عن تلك النقطة، يقلّ

الغموض في الحالة ويزداد اليقين في معرفتها، ويقلُّ الالتباس في اللغة المعبرة عنها، والعكس بالعكس.

على الرغم من أهمية تعيين درجة الصدق للقضايا الضبابية، إلا أن تلك المهمة تمثل خطوة أولى في بناء أنظمة التحكم أو أنظمة اتخاذ القرار بوصفها الغاية التي وظّفت منطق الضبابية أداة لتحقيقهما؛ أي إن تعيين قيم الصدق للقضايا الضبابية لا ينفصل عن الاستدلالات الضبابية التي يجري التركيز عليها في منطق الضبابية بوصفه أداة تقانية في التحكم الآلي، أو أداة منهجية في العلوم الإنسانية والاجتماعية. لذا كان التركيز الأكبر على الاستدلالات الضبابية التي تتخذ شكل القضايا الشرطية المتصلة، في المنطق الثُّنائي القيم. فكيف توضع الاستدلالات الضبابية؟ وما علاقتها بالمتغيرات اللغوية وبتوابع الانتماء.

خامسًا: قواعد الاستدلال الضبابي

الاستدلال هو انتقال الفكر من المقدمات إلى النتائج، أو من قضايا يسلَّم بصدقها إلى قضايا مجهولة يُستدَلُّ على قيمة صدقها من الأولى. لكن الاختلاف بين الاستدلال وفقًا للمنطق الثُّنائي القيم والاستدلال الضبابي، يكمن في أربع نقاط أساسية، نذكرها هنا، ونأتي على شرحها مفصلًا، في المثال التطبيقي الذي سنورده. **أولاها**، تتعلق بقيم الصدق. إذ يحيل الاستدلال في المنطق الثُّنائي القيم إلى قيمتين لصدق القضايا، سواء المقدمات أم النتائج، بينما يحيل الاستدلال الضبابي إلى قيم غير نهائية للصدق. **وثانيتها**، مرتبطة بالنقطة الأولى، وتتعلق بدلالة الاستدلال. فالاستدلال التالي، «إذا أمطرت السماء فسوف تتبلل الأرض»، له دلالة واحدة، في المنطق الثُّنائي القيم، هي أن سقوط المطر يفضي إلى تبلل الأرض، لكن له دلالات عدة، في منطق الضبابية، تحيل كل منها على مجموعات ضبابية فرعية من مجموعتي «المطر»[72] و«البلل»، وتعكس كل منها قيمًا مختلفة

---

(72) ثمة درجات مختلفة للمطر: فالوابل: الغيث والهطْل؛ البغْش أو البغْثة: المطر الخفيف؛ الرذاذ: المطر الضعيف؛ البغْر: المطر الشديد؛ الجود: المطر الغزير؛ الطَّل: أخف المطر وأضعفه؛ الديمة: المطر الذي يدوم أيامًا في سكون بلا رعد وبرق؛ المُزْنة: المطرة، النضْح والبغش والدَّثُ والرَّك؛ الرِّهمة: =

لكل متغير لغوي؛ أي إذا أمطرت رذاذًا فستبتلُّ الأرض قليلًا، وإذا أمطرت ريهامًا فستصبح الأرض أكثر رطوبة، وإذا أمطرت هطولًا فستصبح الأرض مشبعة ... إلخ. وثالثتها، تتعلق بوظيفة الاستدلال. فالمنطق التقليدي يهتم بصحة الاستدلال بوصفه اتساقًا بين المقدمات والنتائج، بصرف النظر عن الواقع، فهو منطق صوري بحت. أما الاستدلالات الضبابية فقواعد عمل قابلة للتطبيق، أو هي خطوات يسلكها البرنامج الخبير. لهذا استخدِمَت في ميادين مختلفة أهمها التحكم الآلي، واتخاذ القرار في العلوم الإنسانية والاجتماعية. ورابعتها، أن قواعد الاستدلال الضبابي تستند، بصورة خاصة، إلى المجموعات الفرعية الضبابية، أو المتغيرات اللغوية ودرجات إمكانها؛ وهذا يجعل من إمكان تغيير أي قاعدة أمرًا ممكنًا. كما يجعل المكونات النظرية لهذا المنطق وثيقة الصلة بمكوناته التطبيقية. وهذه الفروق تُكسِب منطق الضبابية الكثير من المزايا أو نقاط القوة التي تجعله متفردًا عن المنطق الثِّنائي القيم.

استُخدمت قواعد الاستدلال الضبابي لبناء أنظمة التحكم الآلي، في العلوم التقانية؛ أو اتخاذ القرارات والتدابير الملائمة أو تقديم اقتراحات أو تقويم واستشراف مستقبل وغير ذلك، في الميادين الإنسانية، مثل الاقتصاد والإدارة والاجتماع والسياسة وفي الطب وعلم الأحياء ... إلخ. ولا يُقصد بالقواعد هنا الشروط التي يجب تحققها ليكون الاستدلال صحيحًا، كما هو الحال في قواعد الاستدلال القائمة على الدالة اللزومية، في المنطق الثِّنائي القيم، وإنما تعني بناء نماذج أو وضع قوالب من الأبنية للنسق الاستدلالي، تعكس طريقة الحس المشترك في التفكير، وتتخذ صورة القضايا الشرطية المتصلة، فتربط بين حدث وآخر، أو بين أسباب ونتائج، أو بين أسئلة وأجوبة[73] وتعبِّر عن هذه القضايا المتغيرات اللغوية ودرجات الإمكان، كما تستخدم الروابط المنطقية، وذلك بالاعتماد على خبرة الباحث في ميدان معين.

= أقوى من الرذاذ؛ والهطل والتهتان: المطر الغزير السقوط؛ العباب: المطر الكثير؛ الوابل: الصنديد؛ الجَود: المطر الضخم الشديد الوقع؛ الودق: المطر المستمر؛ حبُّ المُزن، وحبُّ الغَمَام: البَرَد. انظر: أحمد مختار عمر، معجم اللغة العربية المعاصرة (القاهرة: عالم الكتب، 2008).

(73) Kosko, *Fuzzy Thinking*, pp. 39 and 158.

لما كان أحد أهداف منطق الضبابية هو تمكين الآلة من طريقة التفكير البشري؛ أي رفع كفاءتها إلى مستوى تتمكن معه من تقويم الموقف ومحاكمته واتخاذ القرار الأكثر ملاءمة، وفقًا لما يقتضيه موقف بعينه؛ فإن قواعد الاستدلال الضبابي خطوات العمل التي تزوّد لبرنامج الكمبيوتر، فتمكِّنه من معالجة المشكلة وتقديم الحلول الأنسب، مع إمكان الاستفادة من تعلُّم البرنامج من أخطائه. وكأننا، في هذه الحالة نزوّد الكمبيوتر بالمعرفة اللازمة لإجراء محاكمة عقلانية، تشبه المحاكمة العقلية التي يقوم بها الفكر البشري، لاتخاذ القرار الأنسب في الوقت المحدَّد. وشكَّلت هذه البرمجيات نوعًا من محاكاة السلوك البشري الذكي، فسُميت بالذكاء الصنعي. إذ تستخدم القواعد الاستدلالية الأكثر ملاءمة للموقف الراهن[74].

لقواعد الاستدلال الضبابية الصيغة العامة: إذا كان «x هو A» فإنَّ «y هو B»؛ إذ تمثل القضية «x هو A» الشرط أو السبب أو المقدَّم في الاستدلال، والقضية «y هو B» نتيجة الاستدلال أو التالي؛ و(A) و(B) مجموعتان ضبابيتان لكل منهما مجموعات فرعية وتابع انتماء خاص بها (($\mu_A(x)$) و(($\mu_B(y)$)، على التوالي. وبما أن قواعد الاستدلال الضبابية تمثل أساسًا لبناء نظام يقوم بالربط بين متغيرات الدخل اللغوية ومتغيرات الخرج اللغوية، فإن عدد هذه القواعد يعتمد على عدد المتغيرات اللغوية للمدخلات أو للأسباب، وعلى عدد الحدود الضبابية للمتغير الواحد. فإذا كان عدد المتغيرات اللغوية للمدخلات هو (m) وعدد الحدود الضبابية في كل متغير هو (n)، يكون عدد قواعد الاستدلال الضبابي هو (n^m)[75].

غير أن معرفة عدد قواعد الاستدلال لا تكفي وحدها، حتى وإن كان الخبير متمكِّنًا من تقنيات منطق الضبابية ومن الجوانب النظرية في الميدان المدروس، بل غالبًا ما يستعين الخبير في الكثير من الحالات بالعاملين على خطوط الإنتاج لوضع تلك القواعد. ففي معامل الكيمياء أو مصافي النفط، يمكن الاستعانة

(74) انظر: آلان بونيه، الذكاء الاصطناعي: واقعه ومستقبله، ترجمة علي صبري فرغلي، عالم المعرفة؛ 172 (الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، 1993)، ص 11.

(75) Bojadziev and Bojadziev, p. 155.

بهؤلاء العاملين لوضع القاعدة «إذا أصبح ضغط البخار «مرتفعًا» في المفاعل، فيجب التقليل من الوقود بشكل «كبير جدًا»، وفتح صمام البخار «قليلًا»»[76]. وهذا ما يقوم به بالفعل، العامل على خط الإنتاج؛ لكونه اكتسب خبرة حِرَفية في ميدانه. فالمفاهيم «مرتفع» و«كبير جدًا» و«قليلًا» متغيرات لغوية يجري تمثيلها بمجموعات ضبابية. و«كبير» يمثل متغيرًا لغويًا جرى «تكثيفه» بإضافة درجة الإمكان «جدًا» ليتلاءم مع قاعدة الاستدلال اللازم تطبيقها.

لمزيد من توضيح قواعد الاستدلال الضبابية بشكل مفصّل، نحاول شرح هذه القواعد وخصائصها بمثال تطبيقي، الغاية منه مسألتان: أولاهما، إبراز أن منطق الضبابية يَستخدِم، كما ذكرنا سابقًا، المتغيرات اللغوية وليس المتغيرات الرمزية. لذا، آثرنا ألا نستخدم الرموز في قواعد الاستدلال الضبابية، بصورة خاصة، لأن هذه القواعد هي البرنامج الذي يُغذّى به الكمبيوتر ليتمكن من التحكم، أو اتخاذ القرار؛ وثانيتهما، كي نلقي مزيدًا من الضوء على إحدى تطبيقات منطق الضبابية في الميادين المختلفة، وهي كثيرة ومنوعة. ثم نقوم بمناقشة قواعد الاستدلال، بصورة عامة، من خلال المثال المذكور. ومن أجل تبسيط العملية، قمنا باختيار متغيرين لغويين للدخل فحسب، ومتغير واحد للخرج في أحد أنظمة التحكم. علمًا أن عدد متغيرات الدخل أو الخرج يزداد بازدياد التعقيد في الحالات.

مثال تطبيقي[77]: ثمة رقاص مقلوب (Inverted Pendulum)، يستند إلى منصة متحركة باتجاهين، يمينًا ويسارًا، ونود أن نبقي الرقاص في حالة توازن مع المنصة، حيث يكون في وضعية الشاقول دومًا، من خلال التحكم بسرعة حركة المنصة. فما الخطوات اللازمة لبناء نظام التحكم الذي يبقي الرَّقاص المقلوب في حالة التوازن، وهي وضعية الشاقول مع المنصَّة؟ الإجابة عن هذا السؤال تتطلَّب

---

(76) هادي العرفي، «نظام المنطق الملتبس وتطبيقه في المتحكمات الآلية،» مجلة جامعة دمشق، السنة 17، العدد 2 (2001)، ص 192.

(77) Kosko, *Fuzzy Thinking*, pp. 161-166, and <http://www.esru.strath.ac.uk/Reference/concepts/fuzzy/fuzzy_ctrl.htm>.

في هذا المثال، لم نضعه كما جاء حرفيًا في الموقع المذكور، لكننا أخذنا المجموعات كما هي في الموقع، وطبّقنا طريقة كوسكو في كتابه المذكور؛ لأنها أكثر وضوحًا وتتلاءم مع أغراضنا في البحث.

القيام بأربع خطوات أساسية: أولاها، تعيين المتغيرات اللغوية، وثانيتها، الربط بين متغيرات الدخل ومتغيرات الخرج للمتحكم الضبابي، وثالثتها، التضبيب (Fuzzification)، ورابعتها، فك التضبيب (Defuzzification).

1- تعيين المتغيرات اللغوية والحدود الضبابية

الخطوة الأولى في بناء نظام التحكُّم الضبابي هي تعيين المتغيرات اللغوية للدخل والخرج. وهذه المتغيرات في حالة التحكُّم بالرَّقاص المقلوب، هي «زاوية» انحراف الرقاص عن وضعية الشاقول (Angle) - على افتراض أن الزاوية القصوى لحركة الرقاص هي (±45°) - و«السرعة الزاوية» له (Angular Velosity)، وهذان متغيران للدخل و«سرعة» المحرِّك للمنصة (Speed)، وهو متغير الخرج. ثم يتم تعيين الحدود الضبابية لكل متغير أو المجموعات الفرعية ودرجات الإمكان اللغوية لها، كما في الشكل (3-19)، على النحو[78]:

الزاوية= [كبيرة سالبة، صغيرة سالبة، قائمة، صغيرة موجبة، كبيرة موجبة]

حيث: كبيرة سالبة: (neg.high)، صغيرة سالبة: (neg.low)، قائمة: (upright)، صغيرة موجبة: (pos.low)، كبيرة موجبة: (pos.high).

السرعة الزاويَّة= [سريعة سالبة، بطيئة سالبة، معدومة، بطيئة موجبة، سريعة موجبة].

والسرعة= [سريعة سالبة، بطيئة سالبة، معدومة، بطيئة موجبة،سريعة موجبة].

حيث: سريعة سالبة: (neg.high)، بطيئة سالبة: (neg.low)، معدومة: (None)، بطيئة موجبة: (pos.low)، سريعة موجبة: (pos.high).

---

(78) تعيين الحدود الضبابية للمتغيرات اللغوية يتطلب بالضرورة تعيين مجال كل منها، وتوابع الانتماء إليها، وقد شرحنا ذلك بالتفصيل في القسمين الثاني والثالث من هذا الفصل؛ وتجنبًا للتكرار لم نتطرق إلى ذكرها هنا. لمزيد من التفصيل، انظر: ثانيًا: توابع الانتماء في المجموعات الضبابية، وثالثًا: المتغيرات اللغوية والحدود الضبابية ودرجات الإمكان اللغوية.

2- الربط بين متغيرات الدخل والخرج

بعد تعيين المتغيرات اللغوية والحدود الضبابية تُكتب قواعد الاستدلال الضبابي بالربط بين متغيرات الدخل ومتغيرات الخرج. وفي حالة التحكم بالرَّقاص المقلوب يجري الربط بين متغيري الدخل: الزاوية والسرعة الزاوية، ومتغير الخرج؛ أي السرعة التي يقوم النظام بالتحكم بها حتى يبقى الرقاص في حالة التوازن. ونكتفي بذكر بعض هذه القواعد ونعلّق عليها، وعلى الشكل (3-19) لاحقًا، وهي على النحو الآتي[79]:

- إذا كانت الزاوية قائمة والسرعة الزاوية سريعة سالبة فالسرعة سريعة سالبة
(If Angle is upright AND Angular velocity Is neg.high then Speed is neg.high)

- إذا كانت الزاوية قائمة والسرعة الزاوية بطيئة سالبة فالسرعة بطيئة سالبة (If Angle is upright AND Angular velocity Is neg.low then Speed is neg.low)

- إذا كانت الزاوية قائمة والسرعة الزاوية معدومة فالسرعة معدومة (If Angle is upright AND Angular velocity Is None then Speed is None)

- إذا كانت الزاوية قائمة والسرعة الزاوية بطيئة موجبة فالسرعة بطيئة موجبة
(If Angle is upright AND Angular velocity Is pos.low then Speed is pos.low)

- إذا كانت الزاوية قائمة والسرعة الزاوية سريعة موجبة فالسرعة سريعة موجبة (If Angle is upright AND Angular velocity Is pos.high then Speed is pos.high)

- إذا كانت الزاوية كبيرة سالبة والسرعة الزاوية معدومة فالسرعة سريعة سالبة (If Angle is neg.high AND Angular velocity Is None then Speed is neg.high)

- إذا كانت الزاوية صغيرة سالبة والسرعة الزاوية معدومة فالسرعة بطيئة سالبة (If Angle is neg.low AND Angular velocity Is None then Speed is neg.low)

- إذا كانت الزاوية صغيرة موجبة والسرعة الزاوية معدومة فالسرعة بطيئة موجبة (If Angle is pos.low AND Angular velocity Is None then Speed is pos.low)

---

(79) <http://www.esru.strath.ac.uk/Reference/concepts/fuzzy/fuzzy_ctrl.htm>.

- إذا كانت الزاوية كبيرة موجبة والسرعة الزاوية معدومة فالسرعة سريعة موجبة (If Angle is pos.high AND Angular velocity Is None then Speed is pos.high)

- إذا كانت الزاوية صغيرة موجبة والسرعة الزاوية بطيئة سالبة فالسرعة معدومة (If Angle is pos.low AND Angular velocity Is neg.low then Speed is None)

- إذا كانت الزاوية صغيرة سالبة والسرعة الزاوية بطيئة موجبة فالسرعة معدومة (If Angle is neg.low AND Angular velocity Is pos.low then Speed is None)

لو نظرنا إلى الشكل (3-19) لتبيَّن أن العلاقات الضبابية بين أعضاء الحدود الضبابية لمتغيري الدخل؛ أي بين أعضاء المجموعات الفرعية الضبابية لمتغير «الزاوية»، وأعضاء المجموعات الفرعية الضبابية لمتغير «السرعة الزاوية»، تظهر في شكل مربع ناتج من تقاطع مسقط كل واحدة من المجموعات الفرعية الضبابية، في المتغير الأول، مع مسقط مقابلتها، في المتغير الثاني - كما سبق توضيح ذلك في العلاقات الضبابية - ويمثل كل واحد من تلك المربعات عددًا من قواعد الاستدلال الضبابي السابقة التي وضعنا بعضًا منها أنموذجًا. لكن يبدو بعض هذه المربعات أكبر من بعضها الآخر، ويعود ذلك إلى عدم التساوي بين مجالات المجموعات الفرعية الضبابية. وهذا ليس أمرًا عرضيًا؛ بمعنى أن مجال المجموعة الفرعية الضبابية في متغير الزاوية «قائمة» لا يساوي مجال المجموعة الفرعية الضبابية «صغيرة موجبة» أو «صغيرة سالبة». والغاية من ذلك هي اختلاف القيمة المراد التحكم بها.

واختلاف القيمة المراد التحكم بها، يؤدي إلى «أن المجموعات الفرعية ذات المجال العريض أقل أهمية في التحكم؛ لكونها تسمح بالتحكم، بشكل تقريبي فحسب، أما المجموعات ذات المجال الضيق فتسمح بالتحكم بشكل متقن»[80]. لذا، غالبًا ما تصمم المجموعات الفرعية الضبابية - التي من المفترض أن تغطي المجال المستهدف في نظام التحكم - باختيار مجال ضيق لها.

---

(80) Kosko, *Fuzzy Thinking*, p. 162.

غير أن المجموعات ذات المجال الكبير - أي التي تكون قاعدة المثلث فيها عريضة - تغطي مجالًا أكبر في التحكم من جهة، وتدلّ من جهة ثانية، على ضبابية أشدّ في المتغير الذي تمثله؛ أي تمثّل غموضًا وتعقيدًا أشد في الظاهرة المدروسة عند هذا المجال، أو يقينًا أقل في معرفتها. وهذا يعني أنه كلما اتسع مجال المجموعة زاد عدد قواعد الاستدلال الضبابي، وكلما تداخلت مجالات المجموعات الفرعية، تكثفت قواعد الاستدلال وتضاعف عددها ضمن المساحة، وأصبح التحكم أكثر انسيابية. وهذا يوافق الحالات الأشد تعقيدًا وغموضًا في العالم الميكروي أو الماكروي. وعلى العكس، كلما ضاق مجال المجموعة، ضاقت المساحة التي يشكلها وقلّ عدد قواعد الاستدلال فيها، حتى إذا ما انتهت تقريبًا إلى نقطة، أي إلى الحالة الأقل ضبابية، تصبح المساحة التي يجري التحكم بها متناهية في الصغر، ويصبح عدد قليل جدًا من قواعد الاستدلال الضبابية كافيًا[81].

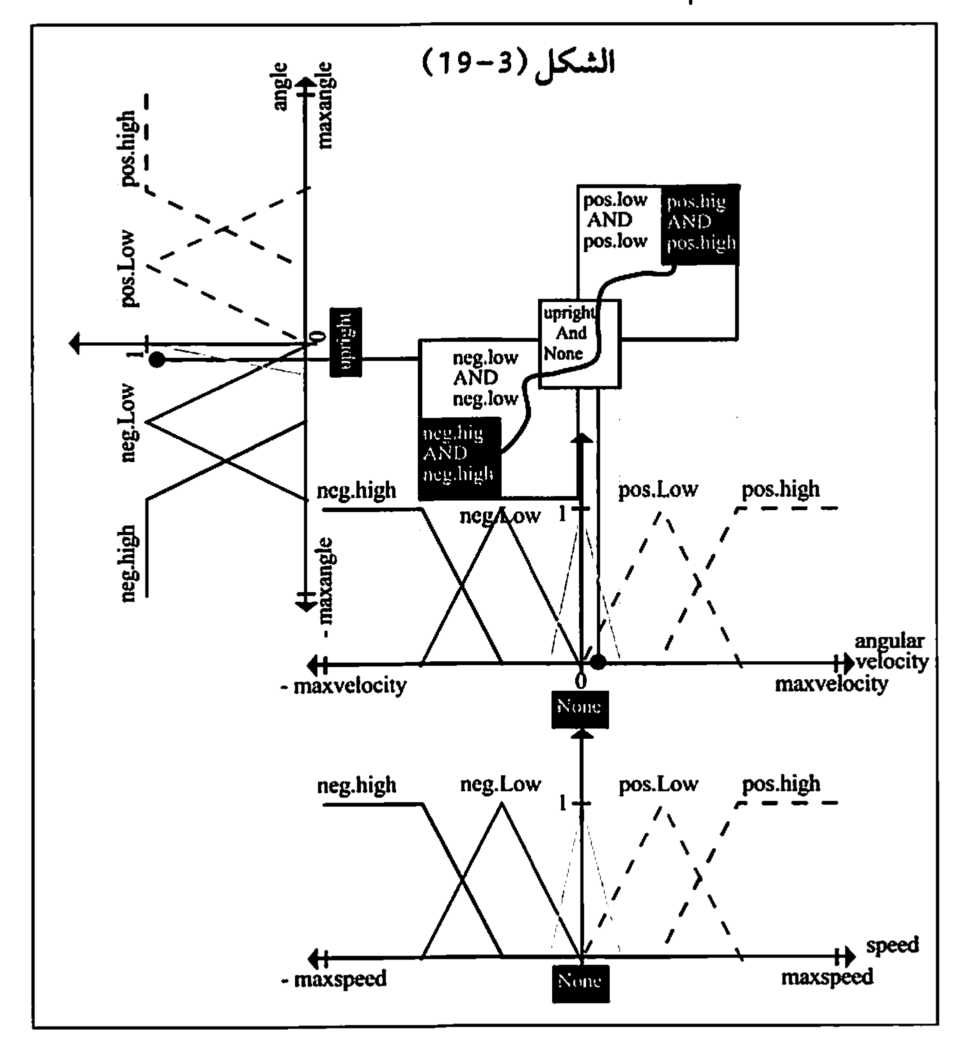
لهذا، إذا كان اختلاف مجال كل مجموعة فرعية ضبابية يعكس مستوى الضبابية، فإن لهذا الاختلاف دورًا أيضًا في سرعة المتحكم، بالزيادة أو النقصان، وفقًا لاختلاف الميل في المنحنى البياني واتجاهه[82]. فإذا كان ميل المنحنى موجبًا وصغيرًا، تسارع المتحكم بشكل كبير، وإذا كان الميل موجبًا وكبيرًا زادت سرعة المتحكم ببطء. أما إذا كان الميل سالبًا وصغيرًا، تناقصت سرعة المتحكم بشدة، وإذا كان الميل سالبًا وكبيرًا، تباطأت سرعة المتحكم. وفي الحالات كلها، سواء التسارع أم التباطؤ، يعمل المتحكم بغرض الوصول إلى النقطة الهدف.

يُظهر الشكل (3-19) تداخلًا بين قواعد الاستدلالات الضبابية، يمثله التداخل بين المربعات. وهذا ناجم بالطبع عن التداخل بين المجموعات الفرعية الضبابية. وللتداخل أو التقاطع بين قواعد الاستدلالات الضبابية، دلالات مهمة ومنوعة، كما له ثلاث وظائف أساسية في أنظمة التحكم الآلي: **الأولى**، «يساعد النظام على تجنب الاهتزاز الموجود في أنظمة التحكم التقليدية، لدى انطلاق

(81) المصدر نفسه، ص 158.

(82) المصدر نفسه، ص 162-163.

السيارة أو إقلاع المكيف، أو معظم تقنيات التحكم التقليدي، والناجم عن تخطي العتبتين الدنيا والعليا (Overshoot and Undershoot) المسموح بهما»[83]، بمعنى أن التداخل بين قواعد الاستدلال الضبابية يجعل الانتقال بينها انسيابيًا ومرنًا وليس مفاجئًا، كما يسمح للنظام بتغطية كامل المساحة التي يتحكم بها، من دون أن يترك ثغرة تسبب اهتزازًا أو ارتجاجًا فيه؛ أي إن التحكم هنا يشمل جميع القيم الممكنة للمتغير المراد التحكم به.



الشكل (3-19)

(83) المصدر نفسه، ص 162.

أما الوظيفة الثانية لتداخل هذه القواعد فهي أنه يسمح بتمثيل التغيرات اللاخطية في المنظومات المعقدة، وهي تغيرات متذبذبة، على شكل أمواج، صعودًا وهبوطًا (كما يُظهر المنحنى باللون الأسود في الشكل (3-19))، خلافًا للأنظمة الخطية التي تكون منحنياتها خطوطًا مستقيمة. وبما أن تجميع الأجزاء في هذه المنظومات لا يُنتِج الكلَّ، فلا تسلك المجموعات هنا سلوك أعضائها، وتعقيد المنظومة يتخطى تعقيد منظوماتها الفرعية[84]. وبالتالي، تحتاج المنظومات اللاخطية والأشد تعقيدًا إلى مزيد من قواعد الاستدلال الضبابي، وهذه بدورها تحتاج إلى مزيد من تداخل السطوح التي تمثلها، والمزيد المزيد من التداخل بين المجموعات الفرعية الضبابية، كي تجعل التحكم الآلي أكثرَ انسيابية وأشدَّ إتقانًا.

غير أن السطوح المتاخمة في المنحنى البياني هي أقل ما يمكن لنا معرفة تفصيلات عنها في التحكم الضبابي. وبينما توافق السطوح الأصغر تحكمًا أكثر إتقانًا أو نتيجة مستهدفة وصعوبة أكبر في التعامل معها، تكافئ السطوح الأكبر معلومات أكثر وضبابية أشد، ومرونة أكثر في معالجتها[85].

أما الوظيفة الثالثة الأساسية للتداخل بين قواعد الاستدلال الضبابي فهي أن توقُّف إحداها لأيِّ سبب كان، أو وجود خطأ ما فيها، أو «تغيير أيٍّ من المجموعات الضبابية للدخل الذي يفضي إلى تغيُّر في تلك القواعد... أو إضافة بعض القواعد أو حذف بعضها الآخر ...»[86]. لن يؤدي إلى خلل في نظام التحكم، أو إلى توقفه؛ وإنما يستمر النظام، بشكل آلي وسلس في العمل وفق القواعد الأخرى للاستدلال الضبابي. ذلك أن النظام لا يقوم بتفعيل تلك القواعد على التسلسل؛ بمعنى قاعدة تلو الأخرى، وإنما تعمل على التوازي. فجميع القواعد تعمل، في الوقت نفسه،

---

(84) المصدر نفسه، ص 108 و162.

(85) Rudolf Seising, *Views on Fuzzy Sets and Systems from Different Perspectives: Philosophy and Logic, Criticisms and Applications*, Studies in Fuzziness and Soft Computing; 243 (Berlin: Springer, 2009), p. 307, and Kosko, *Fuzzy Thinking*, p. 167.

(86) Kosko, *Fuzzy Thinking*, p. 175.

بجزء من الدرجة موافق لقيم الانتماء إلى المجموعات الضبابية في كل قاعدة[87]. ولهذا، يكون الانتقال انسيابيًا، فيعطي التحكم الآلي، المستند إلى منطق الضبابية، قوة لا يمتلكها التحكم التقليدي القائم على المنطق الثنائي القيم.

غير أن هذا التداخل، بين قواعد الاستدلال الضبابي، لا يعني أن تغيير إحداها غير ممكن، بل على العكس من ذلك، فهي مستقلة بعضها عن بعض على الرغم من تداخلها. وهذا الاستقلال يسمح للخبراء، إذا ما وجدوا ضرورة في إعادة تصميم المجموعات الضبابية «بتعديل أشكالها وعددها ومجال القاعدة لكل متغير والحدين الأقصى والأدنى لكل منها، وإعادة النظر في قواعد الاستدلال وإعادة صوغها أيضًا»[88]. وهذا التغيير أحد الخصائص المرنة التي تتميز بها تلك القواعد، وتعطي لنظام التحكم الضبابي نقاط قوة تميزه من التحكم التقليدي.

غير أن نقاط القوة تلك، ربما تتحول إلى نقاط ضعف فيما لو لم يمتلك من يضع هذه القواعد خبرة نظرية وعملية، في الميدان المدروس. وتكمن النقطة الأضعف في تلك القواعد في ثلاث حالات: «إذا كان للظاهرة المدروسة الكثير من المتغيرات؛ أو كانت البيانات حولها قليلة أو غير كافية؛ أو لم يكن ثمة خبراء فيها»[89]. فإن كان من الممكن لأحدٍ لا يمتلك الخبرة الكافية، أن يصمم المجموعات الضبابية ويكتب توابع الانتماء الخاصة بكل مجموعة فرعية منها - مع العلم بأهمية الخبرة، حتى في هاتين المسألتين - فمن المتعذّر له أن يتمكّن من وضع قواعد الاستدلال الضبابي. وهذا يؤكد أن تلك القواعد ليست مجرد استدلالات منطقية صورية، وإنما هي قواعد عمل يضعها خبراء، إنها حصيلة خبرات كثيرة يحاول الخبير نقلها إلى الآلة ليمكّنها من القيام بعمل ربما يتطلب أشخاصًا كثرًا ووقتًا أطول، وربما يتعذّر على البشر القيام به، مثل بعض الأعمال الخطرة. وعلى هذا النحو، تُحفظ الخبرات البشرية من الضياع في ما يسمى بالأنظمة الخبيرة.

---

(87) Bart Kosko, *The Fuzzy Future: From Society and Science to Heaven in a Chip* (London: Flamingo, 1999), pp. 13-14.

(88) Bojadziev and Bojadziev, p. 151.

(89) Kosko, *The Fuzzy Future*, p. 14.

3- التضبيب

تُسمى الخطوة الثالثة في بناء نظام التحكم الضبابي التضبيب (Fuzzification)، ويعني «تحويل القيم الفيزيائية لمتغيرات الدخل في المتحكم الضبابي، إلى قيم انتماء للمجموعات الفرعية الضبابية وفق توابع انتمائها»[90]. فبعد تعيين المجموعات الضبابية وتوابع الانتماء وقواعد الاستدلال الضبابي، يسمح بعض برامج الكمبيوتر، مثل (MatLab أو Fsqca)، بمعالجة البيانات، بطريقة المحاكاة للتأكد من سلامة النظام. فلو افترضنا قيمًا ما، لكل من متغيري الدخل - الزاوية والسرعة الزاوية - لأمكننا معرفة متغير الخرج - السرعة - وفقًا لقواعد الاستدلال. فلو كانت القيمة الفعلية الافتراضية، في لحظة ما - كما في الشكل (3-20) المقتطع من الشكل (3-19) - للزاوية هي (x) وللسرعة الزاوية هي (y)، فإن قيمة انتماء (x)[91] إلى المجموعة الفرعية الضبابية للزاوية «القائمة» هي [0,65]، وإلى المجموعة الفرعية الضبابية للزاوية «صغيرة موجبة» هي [0,25] - الشكل (3-20-a). ويقابل هذه القيم للزاوية (x) وفقًا لقواعد الاستدلال، قيمًا للسرعة الزاوية (y) على النحو: قيمة انتماء (y) إلى المجموعة الفرعية الضبابية للسرعة الزاوية «معدومة» هي [0,75]، وإلى المجموعة الفرعية الضبابية للسرعة الزاوية «بطيئة موجبة» هي [0,15] - الشكل (3-20-b). وبالتالي، فالقواعد التي ستُفعّل من أجل تلك القيمة الفعلية الافتراضية هي أربع قواعد، الثانية والثالثة والثامنة والعاشرة، لمعرفة قيم انتمائها المقابلة على متغير الخرج وهي السرعة التي سيتم التحكم بيها - الشكل (3-20-c).

- إذا كانت الزاوية «قائمة» [0,65] والسرعة الزاوية «بطيئة سالبة» [0,15] فالسرعة «بطيئة سالبة» [0,15]

(If Angle is upright AND Angular velocity Is neg.low then Speed is neg.low)

(90) Chen and Pham, p. 148.

(91) وضعنا قيمًا افتراضية لشرح طريقة الحساب، لكنها تحسب من توابع الانتماء لكل مجموعة فرعية ضبابية.

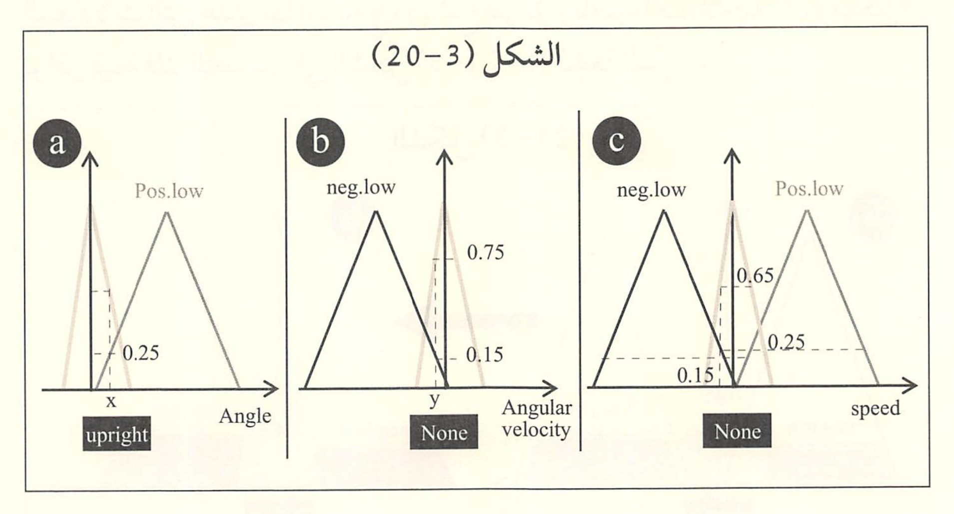
- إذا كانت الزاوية «قائمة» [0,65] والسرعة الزاوية «معدومة» [0,75] فالسرعة «معدومة» [0,65]

(If Angle is upright AND Angular velocity Is None then Speed is None)

- إذا كانت الزاوية «صغيرة موجبة» [0,25] والسرعة الزاوية «معدومة» [0,75] فالسرعة «بطيئة موجبة» [0,25] (If Angle is pos.low AND Angular velocity Is None then Speed is pos.low)

- إذا كانت الزاوية «صغيرة موجبة» [0,25] والسرعة الزاوية «بطيئة سالبة» [0,15] فالسرعة «معدومة» [0,15] (If Angle is pos.low AND Angular velocity Is neg.low then Speed is None)

الشكل (3-20)



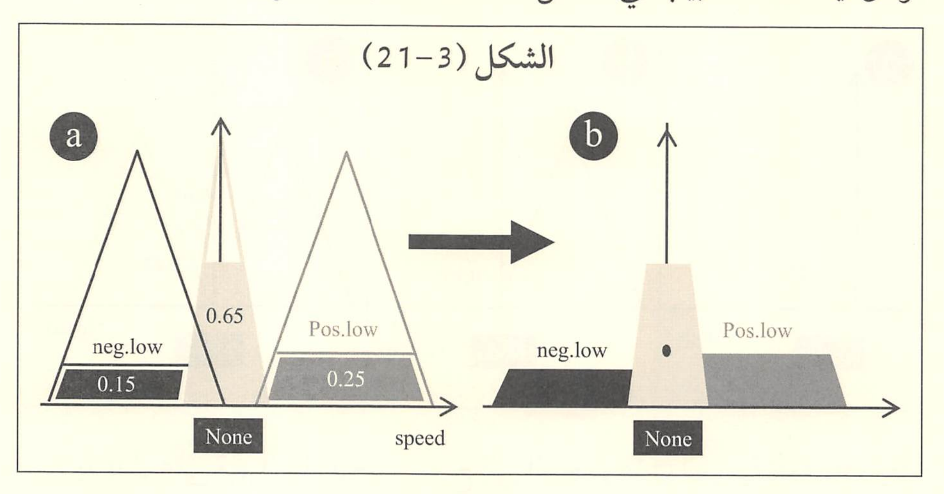
يستدل على قيم انتماء متغير الخرج إلى المجموعات الفرعية المقابِلة، وفقًا للقواعد السابقة، بالاستناد إلى الروابط المنطقية في المقدَّم من كل قاعدة استدلال. وهو هنا في الحالات كلها، العطف المنطقي (AND). ووفقًا لهذا العطف، فإن النتيجة هي الحد الأدنى لقيمتي الصدق للقضيتين المعطوفتين. وبالتالي وفقًا للقاعدة الثانية، $[0,65]\wedge[0,15]=[0,15]$ ... إلخ. أما في حال كان للخرج قيمة انتماء إلى المجموعة الفرعية نفسها، فالخرج للسرعة «معدومة»، في القاعدة الثالثة هو [0,65]، وفي القاعدة العاشرة [0,15]. عندها نأخذ أكبر القيمتين، وفقًا لدالة

الانفصال، كي يغطي التحكم أكبر قيم ممكنة؛ أي [0,65]v[0,15]=[0,65].
وتصبح النتيجة النهائية لمتغير السرعة التي يتم التحكم بها هي مجموعة ضبابية تتغير قيمها على كامل السطح الذي يظهر في الشكل (3-21-b).

4- فكُّ التضبيب

تسمى الخطوة الرابعة والأخيرة في بناء نظام التحكم الضبابي بـ«فك التضبيب» (Defuzzification) وهي معاكسة لعملية التضبيب، وفيها يتم «الربط بين قاعدة المتحكِّم والقيم الفيزيائية الثابتة التي سيتم التحكم بها، والتي تؤدي دورًا في تحويل الخرج الضبابي إلى قيم محدَّدة توافق القيم الفيزيائية الثابتة»[92]. ويستخدم لذلك عمليات عدة يجري فيها التحكم بكل لحظة باختيار قيمة واحدة من هذا السطح، اعتمادًا على المعادلات التي غُذِّي بها البرنامج، وباتباع طرائق رياضية اصطلاحية[93]. ويمكن أن توافق قيمة فك التضبيب في الشكل (3-21-b) البقعة السوداء.

الشكل (3-21)



بناء عليه، تشكل هذه الخطوة الغاية النهائية التي يهدف مصمم المتحكم الضبابي للوصول إليها، وهي، في هذا المثال، اختيار السرعة الملائمة للمتحكم

---

(92) Chen and Pham, p. 149.

(93) ثمة طرائق اصطلاحية لفك التضبيب يستخدمها المشتغلون بمنطق الضبابية، منها طريقة مركز الجاذبية (Center of Gravity)، وطريقة مركز المجموع (Center of Sum)، ومتوسط القيم العظمى. انظر: المصدر نفسه، ص 158-159.

بكل لحظة، وفقًا لتغيرات «الزاوية» و«السرعة الزاوية». وهذا يعني، من جهة، أن السرعة ليست ثابتة، وإنما تتغير في كل لحظة، بتسارع وتباطؤ، وفقًا للموقف الراهن؛ ويعني، من جهة أخرى، أن قواعد الاستدلال الضبابي تمثّل مجموعة من الخبرات التي اكتسبها المصمم، فغذى بها البرنامج ليتمكن من اختيار السرعة الملائمة آليًا. وبهذا أصبح من الممكن الاستغناء عن وجود الكائن البشري في الكثير من المواقع التي ربما تشكل خطرًا عليه، منها، الأماكن التي تصدر إشعاعات ضارة أو الأماكن التي تكون فيها درجات الحرارة مرتفعة جدًا لا يتحملها الكائن البشري، أو في علوم الفضاء التي لم يتم استكشاف إمكان الحياة على سطح بعض الكواكب بعد.

في ضوء ما سبق، تتضح أهمية منطق الضبابية في التحكم الآلي، وقدرته على إعطاء نتائج، أكثر إتقانًا، بالقياس على التحكم التقليدي. إضافة إلى أن المزايا العديدة التي يمتلكها تجعل من استخدامه في عدد من الميادين التي تخفق المناهج التقليدية في معالجة البيانات المتعلِّقة بالظواهر فيها، بصورة متقنة، أمرًا نافعًا. وأهمها الميادين الإنسانية والاجتماعية.

لكن، إذا كان التحكم الضبابي هو غاية العلوم التقانية، فكيف يمكن تطبيق هذا المنطق في العلوم الإنسانية والاجتماعية التي لا تستهدف التحكم بالظواهر فيها؟ وهل ثمة فرق في الغاية المراد تحقيقها، بين التحكم التقليدي والتحكم الضبابي، مع أن كليهما يتعامل مع الآلة؟ كيف يمكن الاستفادة من مزايا التحكم الضبابي ومن روح المفهوم ودلالته في العلوم الإنسانية والاجتماعية؟

الفصل الرابع

منطق الضبابية
أداة منهجية في العلوم الإنسانية والاجتماعية

ينفرد منطق الضبابية - بوصفه أداة منهجية - عن المنهج الكمي الإحصائي بكثير من المزايا. فهو أداة تطبيقية أكثر مهارة وأشد إتقانًا منه في معالجة البيانات المتعلقة بالظواهر الغامضة والمعقدة. ومن شأن الجانب التطبيقي أن ينعكس في طريقة التفكير البشري، ليصبح تصوُّرُ البشر لأنفسهم وللعالم أوسعَ أفقًا وأكثرَ ثراء قياسًا على طريقة التفكير المستندة إلى المنطق الثُّنائي القيم، أو المنطق المتعدِّد القيم. وحقق الجانب التطبيقي منه نجاحًا كبيرًا في العلوم التقانية، خصوصًا في ميدان التحكم الآلي في العقدين الأخيرين، فانعكس هذا النجاح في توفير استهلاك الطاقة من جهة، ورفع مستوى ذكاء الآلة لتتمكن من اتخاذ القرارات وفقًا لما يقتضيه الموقف الراهن، من جهة ثانية. وعلى الرغم من ذلك النجاح في العلوم التقانية، لم تزل تطبيقات هذا المنطق في العلوم الإنسانية والاجتماعية محدودة وضيقة.

يحاول هذا الفصل الإجابة عن سؤال: كيف يمكن أن نجعل منطق الضبابية أداة منهجية في العلوم الإنسانية والاجتماعية؟ أي كيف يمكن أن نثبت أنه ملائم لمعالجة البيانات المتعلقة بالظواهر الإنسانية والاجتماعية أكثر من المنهج الكمي الإحصائي؟ ويتفرع من هذا السؤال خمسة أسئلة: ما المفهوم المقابل للتحكم الضبابي في العلوم الإنسانية والاجتماعية؟ أي إذا كان منطق الضبابية استُخدم في العلوم التقانية للوصول إلى درجة أكبر من الإتقان في التحكم، فماذا يقابل مفهوم التحكم الضبابي عند تطبيق هذا المنطق في العلوم الإنسانية والاجتماعية؟ ما جوانب قصور المنهج الكمي الإحصائي في معالجة البيانات المرتبطة بالظواهر الإنسانية والاجتماعية بشكل متقن؟ أي ما الخصائص المميزة لتلك الظواهر التي تجعل أدوات هذا المنهج قاصرة عن تمثيلها؟ كيف يتمكَّن منطق الضبابية من التعامل مع تلك الخصائص بدرجة كبيرة، إلى حدٍّ ما، من الإتقان؟ أو كيف يمكن

المجموعات الضبابية أن تدمج بين التقويم الكمي والكيفي للظاهرة الإنسانية والاجتماعية؟ ما الفرق، في تحليل الضرورة والكفاية، بين المنهج الإحصائي ومنطق الضبابية؟ وكيف تمكّن أدوات منطق الضبابية من اتخاذ القرار في بيئة ضبابية؟

أولًا: من التحكم الضبابي بالعلوم التقانية إلى اتخاذ القرار في العلوم الإنسانية والاجتماعية

أوجد مفهوم التحكم الضبابي في العلوم التقانية نقلة نوعية في دلالة مفهوم التحكم، حيث استبدل المشتغلون بمنطق الضبابية، بالغاية من التحكم التقليدي - التنبؤ والسيطرة - غاية أخرى أعمق دلالة وأكثر إتقانًا. فالغاية من التحكم الضبابي هي تمكين الآلة من طريقة «التفكير» وفقًا لما يقتضيه الموقف الراهن، وتنفيذ الإجراء الأكثر ملاءمة لهذا الموقف، كما يفعل الخبير البشري في ميدانه. ويرجع ذلك إلى إدراكهم غموض الواقع وتعقيده، بدرجة كبيرة أو صغيرة، وما ينجم عنهما من لايقين في معرفة ظواهره، والتباس في اللغة التي تمثل هذه المعرفة. وإذا كانت قواعد الاستدلال الضبابي هي التي أوجدت هذا الفرق الكبير بين التحكم التقليدي والتحكم الضبابي، فالتغذية الخلفية الراجعة (Feed-back) بوصفها مفهومًا لصيقًا بالتحكم، التقليدي أم الضبابي، أضافت المزيد من المزايا إلى المتحكِّم الضبابي. وبموجب هذه التغذية يجري «إعادة جزء من إشارة متغير الخرج إلى الدَّخل، من أجل الحصول على نظام تحكم، أكثر استقرارًا»[1]. ويكمن الفرق الأساس بين التحكم التقليدي والتحكم الضبابي في روح كل منهما أو في فهمه هذه العملية. ففي التحكم التقليدي يستهدف المصمِّم، من إعادة هذا الجزء، زيادة فاعلية التحكم، وتحقيق المزيد من السيطرة على موضوعه، بينما يستهدف مصمِّم المتحكِّم الضبابي نقل طريقة الفهم والتفكير البشري إلى الآلة؛ أي تمكين المتحكِّم الضبابي من التعلُّم من أخطائه وتصحيحها. ويتم التعلُّم بطرائق عدَّة،

(1) Guanrong Chen and Trung Tat Pham, *Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems* (Boca Raton, FL: CRC Press, 2001), p. 256.

منها تعميم الخبرات المكتسبة وتقويمها أو توليد فرضيات جديدة، من الخبرات المكتسبة أو من التركيب بين فرضيات سابقة والعمل على صقلها[2]. فالتعميم والتركيب والتقويم سمات للتفكير البشري. وتتطلب هذه العمليات مقدرة عالية من الخبرة والمهارة.

تمتاز برامج الذكاء الصنعي بأنواع عدة من التعلُّم عن طريق التغذية الخلفية الراجعة، وذلك عند تلقي إرشادات جديدة، أو معلومات جديدة تساهم في تحسين قدرة البرنامج على الاستدلال، أو تمكّنه من المقارنة بين المواقف وإجراء محاكمة لاختيار القاعدة الأنسب، كما تمكّنه من التعلم عن طريق أمثلة تساعده في الاستنباط[3]. ومما لا شك فيه أنَّ تعلُّم الفرد من أخطاء الآخرين ومن أخطائه أحد ملامح الذكاء التي يوصف بها الأفراد عمومًا. فالاقتصادي الناجح هو من يعرف متطلبات الزبائن، والمدير الناجح هو من يستمع إلى مشكلات العمال، من أجل اتخاذ التدابير اللازمة والقرار الذي يحسّن الإنتاجية. وهذا يمثّل التغذية الخلفية الراجعة المستخدمة في اتخاذ القرار.

أيًا تكن دلالة التحكم واختلاف الغاية منه، بين التحكم التقليدي والتحكم الضبابي، فالمشتغلون بالعلوم التقانية يتعاملون مع الآلة ويُسخّرونها لخدمة الإنسان. وفي المقابل، الإنسان هو غاية العلوم الإنسانية والاجتماعية ووسيلتها في الوقت ذاته. لذا، يُعدُّ تطبيق هذا المنطق في تلك العلوم أكثر أهمية قياسًا على ميادين التحكم؛ لأن ذلك ينعكس على المستويين النظري الفكري والأداتي المنهجي. وإذا لم يكن بدٌّ من العثور على مقابل لمفهوم التحكم في العلوم الإنسانية والاجتماعية، يتّسم بروح التحكم الضبابي ودلالته، فيمكن أن يكون صنع القرار أو تقديم النصح والاستشارة والاقتراح أو اتخاذ التدابير، وفقًا للموقف الراهن[4].

---

(2) Lotfi A. Zadeh [et al.], eds., *Fuzzy Sets and their Applications to Cognitive and Decision Processes* (New York: Academic Press, 1975), p. 376.

(3) انظر: آلان بونيه، الذكاء الاصطناعي: واقعه ومستقبله، ترجمة علي صبري فرغلي، عالم المعرفة؛ 172 (الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، 1993)، ص 244-245.

(4) George Bojadziev and Maria Bojadziev, *Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management*, Advances in Fuzzy Systems; 12, 2nd ed. (Hackensack, NJ: World Scientific, 2007), p. 128.

بما أن معظم الظواهر الإنسانية والاجتماعية أشدُّ غموضًا من الظواهر الطبيعية وأكثرُ تعقيدًا منها، فهذا يفضي إلى تباين في آراء المشتغلين بالعلوم الإنسانية والاجتماعية أكبر منه قياسًا على نظرائهم في العلوم الطبيعية. ومع أن أنظمة التحكم الضبابي تبدي مرونة حيال تباين الآراء، لكن هذا التباين في العلوم الطبيعية محدود ونادر. لذا، حجم الإجماع فيها - وإن اختلَفَتْ الآراء في بعض الأحيان - أكبر منه في العلوم الإنسانية والاجتماعية، وإمكان وجود تضارب أو تعارض في فهم الظواهر الإنسانية والاجتماعية أكثر منه في العلوم الطبيعية. ويشكِّل هذا التباين أحد الأسباب التي تجعل المشتغلين بالعلوم الإنسانية والاجتماعية يستخدمون مناهج مختلفة، انطلاقًا من رؤية مختلفة إلى تلك الظواهر، وإحدى النتائج الناجمة عن اختلاف الرؤية واختلاف المنهج. بينما تشترك العلوم الطبيعية في منهجها.

إذا كانت المنظومات الطبيعية والفيزيائية تسلك سلوكًا معقدًا، فالمنظومات الإنسانية والاجتماعية، غالبًا أكثر عرضة لمثل هذا السلوك لكونها أشدَّ تعقيدًا. وما يزيد من تعقيدها هو حرية الإنسان التي تجعل قابلية التنبؤ بسلوكه متعذِّرة. الأمر الذي يوجد مشكلات في معالجة البيانات المرتبطة بالظواهر الإنسانية والاجتماعية، ويجعل العثور على أداة منهجية تراعي هذه الجوانب، بقدر أو بآخر، أمرًا مهمًا. وهذا ما يحققه منطق الضبابية بأفضل مما فعل المنهج الكمي الإحصائي.

ثانيًا: قصور المنهج الكمي الإحصائي في معالجة البيانات المتعلقة بالظواهر الإنسانية والاجتماعية

على الرغم مما حققه المنهج الكمي الإحصائي من تقدم في بعض جوانب العلوم الإنسانية والاجتماعية، بما يمتلكه من أدوات في تحليل البيانات المتعلِّقة بالكثير من الظواهر، والكشف عن علاقات الارتباط بين متغيراتها، بقي قاصرًا عن مراعاة الكثير من الخصائص الضبابية لتلك الظواهر. ومن هذه الخصائص: الطبيعة الكيفية والطبيعة الغامضة والطبيعة المعقدة. وفي المقابل، يمكن أن يراعيها منطق

الضبابية، بقدر كبير، الأمر الذي يجعله أداة أكثر إتقانًا من هذا المنهج في التعامل مع البيانات المرتبطة بتلك الظواهر.

نُبرز في هذا المبحث الخصائص الضبابية للظواهر الإنسانية والاجتماعية التي تجعل المنهج الإحصائي قاصرًا عن تمثيلها ومراعاتها، ثم يكشف عن عيوب هذا المنهج في تقويمها.

1 - الخصائص الضبابية للظواهر الإنسانية والاجتماعية

أ- الطبيعة الكيفية

تتعلق الطبيعة الكيفية للظاهرة الإنسانية والاجتماعية ببعدين أساسيين: **الأول** صعوبة تكميمها أو التعبير عنها بقيم محدَّدة وصارمة نظرًا إلى وجود حالات متاخمة في الظاهرة. **والثاني** عدم إمكان تقييدها بنهايات عظمى أو صغرى.

التكميم الصارم مفهوم مرتبط بالدقة والتحديد. وفي هذا التحديد الصارم تجاهل للكثير من الحالات المتاخمة للظاهرة. فالمؤشرات الكمية المحدَّدة تختزلها ولا تعكس حالاتها الواقعية كما هي عليه. فالفقر والغنى والنمو السكاني والبطالة والديمقراطية والدكتاتورية والسعر وجودة المنتج ... وغيرها كلها مفاهيم مقابلة لحالات كيفية في الظواهر الإنسانية والاجتماعية؛ أي إنها مرنة وفضفاضة بما يسمح للخبير بإعطائها مجالًا من التغيُّر يتَّسع ويضيق، بدرجة أو بأخرى؛ أي بإعطائها دلالات تختلف باختلاف السياق أو الأغراض أو الخبراء، كما يسمح بتعدد الأفهام في شأنها.

كمن البعد الثاني، في أن الظاهرة الإنسانية والاجتماعية غير مقيدة بنهايات عظمى أو صغرى[5]. إذ ليس من حدٍّ أعلى يمكن أن تصل إليه حالات الظاهرة، وليس من حدٍّ أدنى يمكن أن تبدأ منه. فـ «الفقير» أو «الغني» أو «النمو السكاني»

(5) Jay Verkuilen, «Assigning Membership in a Fuzzy Set Analysis,» *Sociological Methods Research*, vol. 33, no. 4 (May 2005), p. 466, and Francesco Paoli, «A Really Fuzzy Approach to the Sorites Paradox,» *Synthese*, vol. 134, no. 3 (March 2003), pp. 363-364.

أو «الإنفاق» أو «المحافظة الدينية» أو «الديمقراطية» أو «الدكتاتورية» ... إلخ كلها مفتوحة النهايات؛ لأنه يمكن أن نجد دومًا من هو «أشدُّ فقرًا» من شخص لا يمتلك إلا ليرة واحدة، ومن هو «أكثر غنى» من شخص يمتلك مليار ليرة، وهناك «الأكثر أو الأقل نموًا» و«الأكثر أو الأقل إنفاقًا» و«الأكثر أو الأقل محافظة، من الناحية الدينية» ... إلخ.

ب- الطبيعة الغامضة

يكمن غموض الظاهرة الإنسانية والاجتماعية في التداخل بين حالاتها المختلفة، وفي الانتقال التدريجي الانسيابي من حال إلى أخرى، كما في انتماء الظاهرة نفسها إلى أكثر من ميدان واحد في الوقت ذاته؛ أي التداخل بين الميادين المختلفة الذي يوجد الميادين البينية. وينجم عن هذا الغموض أحد أشكال اللايقين في معرفة تلك الظواهر، والتباس مرتبط بقابليتها لأكثر من قراءة، أو تعدد آراء الخبراء في معالجتها.

الغموض في ظاهرة «الفقر» يمثله التداخل بين «الفقر» و«الفقر إلى حدٍّ ما» و«الفقر جدًا»، ويمثله الانتقال التدرّجي السلس من حال إلى أخرى؛ إذ من غير المعقول لمن كان تحت خط الفقر أن يصبح غير فقير ما أن يزيد دخله دولارًا واحدًا. لذا، من الأفضل تصنيف الحالات الواقعة على التخوم بوصفهم فقراء إلى درجة ما، وغير فقراء إلى درجة أخرى[6]. ووفقًا لهذا التصنيف، يمكن الفرد الواحد أن يكون فقيرًا، وفقيرًا إلى حدٍّ ما، وفقيرًا جدًا، وغير فقير، في الوقت نفسه، لكن بأجزاء مختلفة من درجة الانتماء. ويتغير انتماء الأفراد من مجموعة إلى أخرى تغيرًا انسيابيًا.

أما الغموض بوصفه تداخلًا بين الميادين المختلفة فنجده في الكثير من الظواهر. ففي نظام الاقتصاد الجديد، لم يعد لـ «السلعة» أو «المنتج» أو «الخدمة» أو «البائع» أو «المشتري» المعنى ذاته الذي اتخذته في نظام الاقتصاد التقليدي؛

---

(6) Paolo Giordani and Giovanni Maria Giorgi, «Poverty Measures in a Fuzzy Logic Framework,» p. 2, on the Web: <http://homes.stat.unipd.it/mgri/SIS2010/Program/contributedpaper/574-1448-1-DR.pdf>.

لأن السلعة تداخلت مع الخدمة لتشكلا مفهومًا جديدًا للمنتَج، وتداخلت أدوار المشتري والبائع في التبادل التجاري، إضافة إلى التداخل بين نمط الإنتاج العام الذي يقدم منتوجات بمواصفات معينة قياسية، ونمط الإنتاج الخاص الذي يقدم المنتوجات وفق حاجات العملاء وطلبهم(7). إضافة إلى التداخل بين الاقتصاد والسيكولوجيا والسوسيولوجيا والإيكولوجيا والبيولوجيا... إلخ.

ج- الطبيعة المعقدة

التعقيد، كما الغموض، متأصِّل في معظم الظواهر الإنسانية والاجتماعية التي يحكمها تنتسب إلى منظومات دينامية منوعة، الكثيرُ من العوامل المتشابكة، الاجتماعية والفردية والسياسية والدينية والاقتصادية ... إلخ على المستويين الميكروي والماكروي، والكثير من التغيرات اللاخطية. كما تتأثر هذه المنظومات بالشروط الأولية(8) التي ربما تحرف المنظومة عن مسارها وتجعلها غير قابلة للتنبؤ. والمنظومات الاجتماعية مرتبطة بتاريخها؛ بمعنى أنها تتعيَّن بالتفاعل بين عناصر محدَّدة من ماضي المنظومة وعوامل مصادفة ربما تنبثق من حاضرها. ويعود هذا التفاعل إلى حساسية هذه المنظومات للشروط الأولية. فاتحاد العوامل التي تعين الشروط الأولية، وانبثاق عناصر المصادفة خلال مسيرة المنظومة، ربما تولّد نتائج مختلفة جدًا عن الحالة الابتدائية للمنظومات التي تبدو متشابهة. وهذا ما يميز الكايوس عن العشواء(9).

من مظاهر التعقيد في الاقتصاد تفاعل العمال المحليين وانخراطهم بشكل متكرر في النظام العالمي، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة معدلات النمو وتوزع

(7) انظر: ستان ديفس وكريستوفر مير، «الرؤية الضبابية: مجاراة سرعة التغيير في اقتصاد متداخل،» خلاصات كتب المدير ورجال الأعمال، السنة 6، العدد 22 (تشرين الثاني/ نوفمبر 1998)، ص 2-3.

(8) يترك الاختلاف الطفيف في الأوضاع التي يعيشها الأفراد في طفولتهم أثرًا كبيرًا في مدى حياتهم، ويكشف عن هذا الاختلاف مفهوم اللاشعور الذي شغل الكثير من علماء النفس، ومنهم فرويد ويونغ.

(9) L. Douglas Kiel and Euel Elliott, eds., *Chaos Theory in the Social Sciences: Foundations and Applications* (Ann Arbor, MI: University of Michigan Press, 1996), pp. 5-6.

الدخل وتغير في الأعراف الاجتماعية. ويؤدي هذا النظام بدوره، وفق تغذية خلفية راجعة، إلى مزيد من التفاعل المحلي. الأمر الذي يوجد منظومة دينامية متفاعلة مرتبطة بسلوك الأفراد والنماذج المتفاعلة في النظام العالمي الجديد(١٠).

يؤدي الغموض والتعقيد إلى أحد أشكال اللايقين المرافق لمعرفة الظواهر الإنسانية والاجتماعية. فهو لا يتعلّق بقصور الأدوات اللازمة لمعرفتها، وبالتالي، لا يمكن الحدُّ منه بازدياد دقة هذه الأدوات. لذا، من الأفضل ألا ننظر إليه بوصفه سلبًا لليقين أو حالة يتعين علينا التخلص منها. وبينما تميل الرؤية التقليدية للنظر إلى اللايقين على أنه نقص في المعرفة، ما يجعل البعض يستثمره لتسويغ أفعال لاأخلاقية، مثل التراخي في العمل أو التهرُّب من المسؤولية أو إيجاد الفوضى لكسب الفرص، يدفع منطق الضبابية بالبشر إلى استثماره بوصفه يحفِّز على الاكتشاف العلمي أو الإبداع الفني ويستثير الحس بالجديد. إنه مكافئ للحرية وغيابه أو إهماله يعني عدمها(١١). وبهذا يصبح اللايقين شيئًا إيجابيًا ومفيدًا.

أما الالتباس، فيكشف عن درجة الاتفاق أو اللااتفاق بين الخبراء في الظاهرة الواحدة. وبينما يعدُّ الاتفاق من وجهة النظر التقليدية نقطة قوة ومعيارًا لموضوعية العلوم، تسمح الرؤية الضبابية بالنظر إلى اللااتفاق على أنه عامل محرِّك في المنظومات الاجتماعية. فهو يعزز الحوار من جهة، ويحفز على تبادل الخبرات المختلفة من جهة أخرى(12). بصرف النظر عن أثر العوامل الثقافية والأيديولوجية التي تغلب على آراء المشتغلين بالعلوم الإنسانية والاجتماعية.

---

(10) Ben Ramalingam [et al.], *Exploring the Science of Complexity: Ideas and Implications for Development and Humanitarian Efforts*, Working Paper; 285, 2nd ed. (London: Overseas Development Institute, 2008), p. 5.

(11) Michael Smithson, «The Many Faces and Masks of Uncertainty,» p. 18, and Michael Smithson, Gabriele Bammer and the Goolabri Group, «Uncertainty Metaphors, Motives and Morals,» pp. 306, 308 and 315, in: Gabriele Bammer and Michael Smithson, eds., *Uncertainty and Risk: Multidisciplinary Perspectives*, Earthscan Risk in Society Series (London; Sterling, VA: Earthscan, 2008).

(12) Vladimir Dimitrov, «Use of Fuzzy Logic when Dealing with Social Complexity,» *Complexity International*, vol. 4 (1997), on the Web: <http://www.complexity.org.au/ci/vol04/dimitrov1/dimitrov.htm>.

بناء على ذلك، الطبيعة الكيفية مرتبطة بشدة الضبابية، أي الانسيابية والتداخل. وهذه مرتبطة أيضًا بشدة التعقيد والغموض. وهذه الخصائص كلها يقصِّر المنهج الكمي الإحصائي عن مراعاتها.

2- عيوب المنهج الكمي الإحصائي في دراسة الظواهر الإنسانية والاجتماعية

يعتمد المنهج الكمي الإحصائي في دراسة الظواهر الإنسانية والاجتماعية على المسح الأفقي الشامل تقريبًا، أو عدد كبير من الحالات الممثلة للمجتمع الإحصائي. وتوفر الأدوات اللازمة لجمع البيانات، مثل الاستبيان والمقابلة، واللازمة لتحليلها، مثل التوزع التكراري للمتغيرات، ومقاييس النزعة المركزية ومقاييس الانتشار، إمكان تمثيل جوانب مهمة في تلك الظواهر. وتسمح بتفسير الارتباط بين المتغيرات عن طريق التحليل ثنائي المتغير أو متعدد المتغير[13]. لكن هذه الأدوات تقصِّر عن تمثيل الخصائص الضبابية أو التعامل معها.

يحاول الباحث في المنهج الكمي الإحصائي تعيين المؤشرات التجريبية التي تبين الاختلاف بين الحالات. لكن هذه المؤشرات، وإن تعددت، تبقى صارمة؛ أي تأخذ كل منها قيمة محدَّدة. كأن يجري تعيين نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي (GNP per capita) بوصفه مؤشرًا إلى تقدم الدول، أو خط الفقر بوصفه مؤشرًا إلى مستوى المعيشة. ولا يميّز هذان المؤشران بين الانتقال التدرّجي الانسيابي لمستويات التقدم أو مستويات المعيشة. فخط الفقر الذي يفصل، فصلًا قاطعًا، بين الحالتين الكيفيتين الفقراء وغير الفقراء، يتجاهل الحالات الواقعة بينهما، أو يختزلها فيهما، كما في المنطق الثنائي القيم، أو يضيف بعض الحالات بينهما؛ أي متوسط الدخل وفوقه وتحته، كما في المنطق المتعدِّد القيم. وبلغة المجموعات، يفصل خط الفقر، فصلًا حادًا، بين الانتماء المطلق واللاانتماء المطلق إلى مجموعة «الفقر»، ويختزل الانتماء إلى قيمتي الصفر والواحد. لذا، من الأفضل تمثيل هذه المؤشرات بمجموعات ضبابية.

---

(13) انظر: شافا فرانكفورت - ناشمياز ودافيد ناشمياز، طرائق البحث في العلوم الاجتماعية، ترجمة ليلى الطويل (دمشق: بترا للتوزيع والنشر، 2004)، ص 335-431.

مع أن هذه المؤشرات تسمح للمشتغلين بالمنهج الإحصائي بترتيب الحالات قياسًا بعضها على بعض، ترتيبًا تصاعديًا أو تنازليًا، أو تقويم انحراف كل حالة عن معدل انحراف الحالات ككل[14]، إلا أن هذا الانحراف لا يكشف عن المجموعة التي تنتمي إليها الحالة. فترتيب الدول وفقًا لنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي[15] يُميِّز الدول الأكثر تقدمًا عن الأقل تقدمًا، لكنه لا يبيّن هل الدولة متقدمة أم متقدمة إلى حدٍّ ما أم متقدمة جدًا، وإنما يعبّر عنها بالقول: مستوى التقدم في هذا البلد أعلى أو أدنى من معدل الحالات المدروسة. وكذلك هو الأمر في ترتيب الأسر «الفقيرة» وفقًا لانحراف مؤشرات «الفقر» فيها عن المعدل، فلا يكشف إن كانت الأسرة، فقيرة أم فقيرة جدًا أم فقيرة إلى حدٍّ ما.

مع أن الباحثين في المنهج الكمي الإحصائي أيضًا يعترفون ضمنًا بالطبيعة الكيفية للظواهر الإنسانية والاجتماعية، لكنهم لا يراعون الطبيعة الغامضة فيها. فالمستويات المختلفة لمتغير التقدم، أو المستويات المختلفة للمعيشة؛ أي منخفضة أو متوسطة أو مرتفعة، لا تراعي التداخل في ما بينها؛ لأن المتغيرات الفئوية أو الترتيبية متخارجة من جهة، ولكل مجال من هذه المتغيرات قيمتان فقط من جهة ثانية؛ أي إنها تمثل حضورًا أو غيابًا للمتغير أو النتيجة. لذا، تعجز هذه المتغيرات عن تمثيل التداخل، سواء في حالات الظاهرة أم في انتماء الظاهرة إلى أكثر من ميدان في الوقت ذاته.

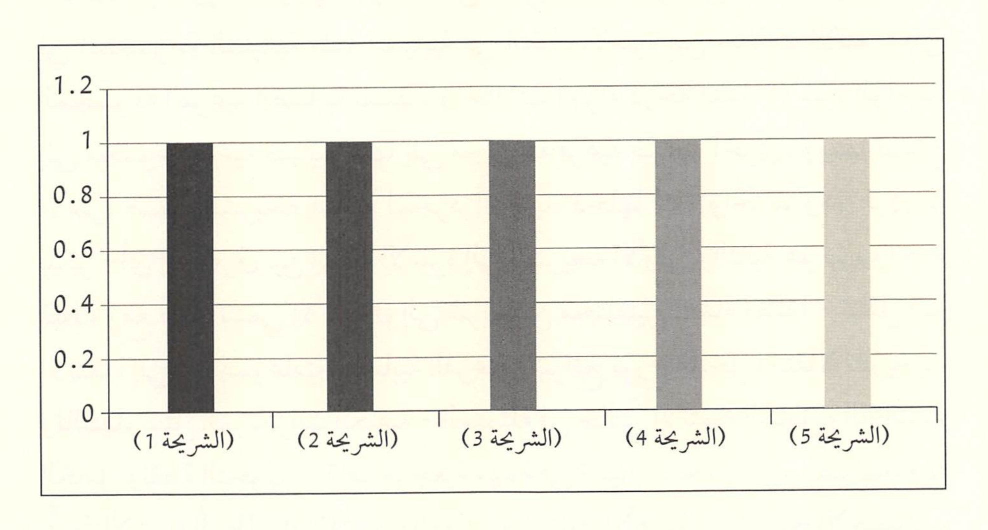
هنا لا بدَّ من التشديد على إبراز الفرق بين المتغير الترتيبي أو المتغير الفئوي اللذين يعيِّنهما الباحث في المنهج الكمي، من جهة، والمجموعات الفرعية الضبابية وانتماء العضو إلى كلٍّ منها، التي يعينها خبير المجال، في منطق الضبابية من جهة ثانية. فالمتغيرات الترتيبية متغيرات كيفية لها عدد منتهٍ من الفئات التي

(14) Charles C. Ragin, *Fuzzy-Set Social Science* (Chicago: University of Chicago Press, 2000), p. 32.

(15) يستبدل الباحثون بنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي مؤشرات متعددة تكشف عن الحالات الشاذة في قياس التقدم، مثل مستوى التعليم وقوة الإنفاق وقوة العمل ... إلخ. فللدول المصدرة النفط مستويات منخفضة نسبيًا على بعض هذه المؤشرات. لكن لهذه المؤشرات قيمًا ثنائية أو متعددة وليست ضبابية.

يمكن ترتيبها ترتيبًا تصاعديًا أو تنازليًا، قياسًا بعضها على بعض، من دون تعيين الفرق الذي يزيد فيه أو ينقص متغيِّر عن المتغيِّر الذي يليه أو يسبقه. أما المتغيرات الفئوية فمتغيرات كمية تسمح بتطبيق عمليات حسابية عليها[16]. ويمكن تعيين المتغيرات الفئوية الممثلة لمستوى الدخل الشهري وفق الشرائح الخمس من الأفقر إلى الأغنى كما في الشكل (4-1)، حيث الشريحة الأولى الأقل فقرًا (10509 ل.س أو أقل)، والثانية (10510-14491 ل.س) والثالثة (14492-19181 ل.س) والرابعة (19182-27890 ل.س) والخامسة هي الأغنى (27891 ل. س أو أكثر)[17]. فالمعيار هنا هو رصف المتغيرات وفق ترتيب تصاعدي أو تنازلي، قياسًا بعضها على بعض، وليس قياسًا على معيار مرجعي يحدِّد مجال كل متغير من هذه المتغيرات.

الشكل (4-1)
تمثيل الشرائح السكانية بمتغيرات فئوية



---

(16) انظر: محمد بلال الزعبي وعباس الطلافحة، **النظام الإحصائي SPSS: فهم وتحليل البيانات الإحصائية**، ط 2 (عمان، الأردن: دار وائل للنشر، 2004)، ص 5-4.

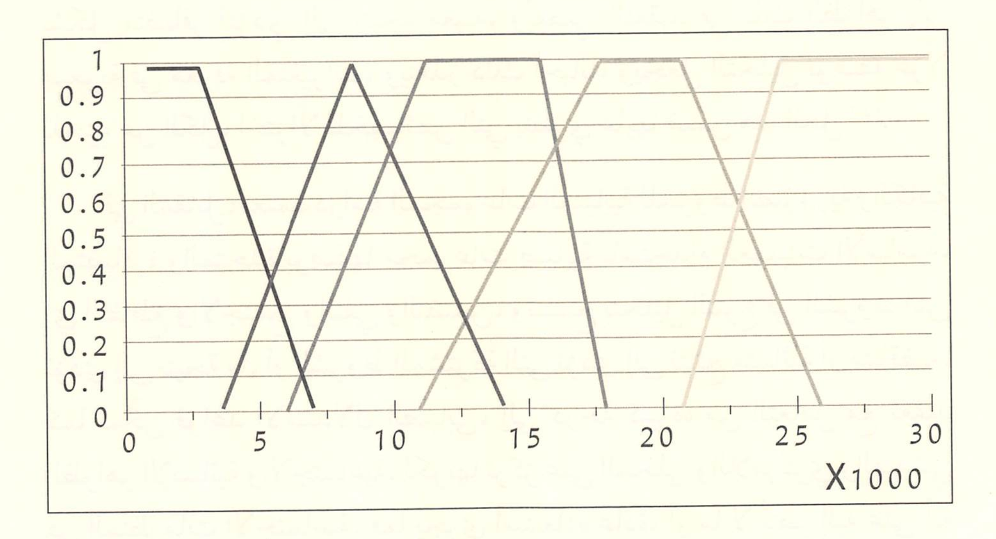
(17) انظر: محمد دفراوي، ميساء ميداني وميساء عكاري، إعداد، **خصائص دخل الأسرة وعلاقتها بخصائص مسكنها** (دمشق: الجمهورية العربية السورية، رئاسة مجلس الوزراء، المكتب المركزي للإحصاء، 2004)، جدول (1)، ص 9.

في المقابل، يمكن تمثيل هذه الشرائح نفسها في مجموعات ضبابية تراعي التدرج في الانتماء والتداخل بين المجالات. ومع أن اختلاف مجالات المتغيرات الترتيبية يقابله اختلاف مجالات المجموعات الفرعية الضبابية، لا يعني أن هذه مثل تلك. ففي (الشكل 4-2) تظهر المجموعات الفرعية الضبابية للدخل الشهري، متدرجة من «الفقير جدًا» إلى «متوسط الدخل إلى حدٍّ ما»، مرورًا بـ«الفقير» و«الفقير إلى حدٍّ ما» و«المتوسط». ويكمن الاختلاف بين هذه المتغيرات والمجموعات الفرعية الضبابية، في ثلاث نقاط: أولاها إن المجالات الخمسة للمتغيرات الفئوية متخارجة ولا يوجد أي تقاطع أو تداخل بينها. وهذا التداخل يمثل خاصية أساسية في المجموعة الضبابية. وثانيتها، إن لجميع الأعضاء الواقعة ضمن المجال الواحد في المتغير الفئوي درجة الانتماء نفسها؛ أي قيمة الصدق [1]، فلجميع الأسر ضمن الشريحة الواحدة، درجة الانتماء المطلق [1]. وبهذا المعنى تحيل هذه المقاييس على قيم ثنائية للصدق. فالأسرة إما ضمن الشريحة «الأشد فقرًا» وإما خارجها، وإما ضمن الشريحة «الأكثر غنى» وإما خارجها. أما في المجموعة الضبابية فثمة انسيابية في انتقال الأسرة بين حالات الانتماء إلى المجموعة الفرعية الضبابية نفسها، واختلاف أجزاء درجة انتماء الأسرة الواحدة إلى مجموعة فرعية ضبابية عنها إلى مجموعة فرعية ضبابية أخرى. وبينما تصبح الأسرة ضمن الشريحة التالية لمجرد أن يزيد دخلها ليرة واحدة، وهو فرق لا يُذكر -أي إن الفرق بين انتماء الأسرة إلى الشريحة الأولى والثانية هو ليرة واحدة فقط، ومع ذلك تنتمي الأسرتان إلى شريحتين مختلفتين انتماء مطلقًا - تنتقل قيم الانتماء إلى المجموعات الضبابية الفرعية (شرائح توزع الدخل) انتقالًا تدرُّيجيًّا. وثالثتها، تمثّل المرتكزات الكيفية - المتمثلة في حالتي الانتماء الكامل واللاانتماء الكامل ونقطة التحول - نقاطًا مرجعية مهمة في تعيين المجموعات الضبابية، ولا يتَّخذ الانتماء المطلق أو اللاانتماء المطلق مثل تلك الأهمية في المنهج الإحصائي. وعلى الرغم من أهمية التحليل الارتباطي في الكشف عن أثر المتغير المستقل في المتغير التابع، يفرض هذا الارتباط نوعًا من التماثل على الحالات المدروسة. فوجود ارتباط قوي بين متغيري التقدم والديمقراطية يعني وجود ارتباط ضعيف بين متغيري الأقل تقدمًا والديمقراطية، أو لا ارتباط بين متغيري التقدم والدكتاتورية؛

أي إنه يُضعِف إمكان وجود دول أقل تقدمًا ومع ذلك ديمقراطية، أو متقدمة ومع ذلك دكتاتورية، وهذا يختزل التنوع ولا يعبّر عن طبيعة الواقع ذاته.

الشكل (4-2)

تمثيل الشرائح السكانية بمجموعات ضبابية



علاوة على ذلك، يتطلب التحليل الارتباطي «تثبيت مجموعة الحالات المتضمَّنة في الدراسة قبل البدء بحساب معاملات الارتباط بين المتغيرات. وما أن تُثبّت، حتى يصبح من النادر تعديلها أو تغييرها»[18]. وبالتالي، تصبح المهمة الأساس حساب معاملات الارتباط بين المتغيرات. وهكذا، يمثّل تثبيت الحالات إحدى نقاط الضعف في هذا المنهج؛ إذ يصبح من المتعذَّر إضافة حالات جديدة، أو استبعاد حالات متضمنة في الدراسة. بينما تسمح المجموعات الضبابية وقواعد الاستدلال الضبابي إمكان التعديل، من دون الحاجة إلى تغيير كامل في القواعد. ويركّز التحليل الارتباطي على «المتغيِّر السببي، أو المتغيرات السببية التي تفسِّر الاختلاف في المتغير التابع»[19]، أي يحاول الباحث معرفة الفروق بين

(18) Ragin, *Fuzzy-Set Social Science*, p. 31.

(19) المصدر نفسه، ص 23.

الحالات المدروسة من خلال الأثر الذي يُحدِثُه كل متغير مستقل على المتغير التابع. وبهذا المعنى، تدخل المتغيرات المستقلة أو الشروط السببية في حال من التنافس والتجاذب في تفسير الاختلاف في المتغير التابع. وفي هذا العزل للمتغير أو المتغيرات السببية اختزال وتبسيط للتعقيد الكامن في الظواهر الإنسانية والاجتماعية وتفكيك لعناصرها. ويدرك الباحثون أن الأسباب المختلفة تعمل بشكل متضافر لتؤدي إلى نتيجة معينة، ويُفضي التعقيد في تلك الظواهر إلى صعوبة في معرفة المتغيرات، ويتعذر ذلك أحيانًا، ويجعل التحليل بوصفه عزلًا للجزء عن الكل، اختزالًا للخصائص التي ينطوي عليها ضمن هذا الكل[20].

في المقابل، تعتمد دراسة المجموعات الضبابية للشروط الضرورية والكافية المتضافرة والمتحدة بوصفها مجموعات ضبابية باستخدام العمليات الأساسية، أي التقاطع والاجتماع والنفي والتضمن، وتسمح بتحليل التنوع في الشروط التي تؤدي إلى نتيجة ما، أو الشروط المشتركة التي تؤدي إلى نتائج متماثلة أو متناقضة. كما تمكِّن قواعد الاستدلال الضبابي، إلى درجة كبيرة، من التعامل مع تعقيد الظواهر الإنسانية والاجتماعية، لكونها تركز على المحلي واللامركزي والهامشي في المنظومات الاجتماعية. فما يجري استبعاده عادة، أو ما لا يُنظر إليه على أنه مهمٌّ، يحظى بمزيد من التركيز، عند بناء قواعد الاستدلال الضبابي التي تصف هذا المستبعد وتجعله قابلًا للفهم[21]. فالتفكير الضبابي هو تفكير منظوماتي يضع الجزء في سياق الكل.

في ضوء ما سبق، يمكن تلخيص جوانب القصور في المنهج الإحصائي، في ثلاث نقاط أساسية: **الأولى** تجاهل الطبيعة الكيفية واعتماد التكميم الصارم؛ **والثانية** تجاهل الغموض وعدم مراعاة التداخل والانسيابية؛ **والثالثة** الانخراط في تبسيط التعقيد واختزال البيانات. وتتطلب هذه الخصائص منهجًا آخر أكثر إتقانًا للتعامل معها. وهذا ما توفره أدوات منطق الضبابية.

---

(20) انظر: فريتجوف كابرا، شبكة الحياة: فهم علمي جديد للمنظومات الحية، ترجمة معين شفيق رومية (دمشق: الهيئة العامة السورية للكتاب، 2008)، ص 170-171.

(21) Dimitrov, «Use of Fuzzy Logic».

ثالثًا: المجموعات الضبابية والدمج بين التقويم الكمي والكيفي

يسعى المشتغلون بالمجموعات الضبابية إلى تقويم الظواهر الإنسانية والاجتماعية تقويمًا يجمع بين الجوانب الكيفية والكمية فيها في الوقت نفسه؛ أي إنهم يراعون التغيرات الكيفية التي تطرأ على حالات الظاهرة نفسها، والتغيرات الكمية الطفيفة التدرّجية الواقعة بين تغيرين كيفيين متقابلين. ويحاولون التركيز على اختلاف دلالة تلك الظواهر باختلاف السياق والغرض، وباختلاف الخبراء في الظاهرة نفسها، ضمن السياق نفسه، أو في سياقات مختلفة، فضلًا عن الاهتمام بتعقيد تلك الظواهر.

للمجموعات الضبابية الكثير من المزايا التي تجعلها أكثر ملاءمة وأكثر إتقانًا من المنهج الكمي الإحصائي في تمثيل خصائص تلك الظواهر. فالمتغيرات اللغوية الممثّلة بأعداد ضبابية[22] ودرجات الإمكان اللغوية والمنحنيات البيانية هي أكثر ملاءمة للطبيعة الكيفية من المتغيرات الفئوية أو الترتيبية أو النسبية، ويمكّن الانتقال الانسيابي في المنحنى البياني للمجموعة الضبابية والتداخل بين المجموعات الفرعية الضبابية، من تمثيل الطبيعة الضبابية المتأصّلة في تلك الظواهر. وقواعد الاستدلال الضبابي والعمليات الأساسية المستخدمة في المجموعات الفرعية الضبابية هي الحل الملائم للتعقيد. كما توفر هذه القواعد أيضًا إمكان اتخاذ القرار في بيئة ضبابية، فضلًا عن الكثير من المزايا التطبيقية الأخرى. وبهذا تستبدل المجموعات الضبابية، بمفهومِ الدقة مفهومَ الإتقان، بدرجة كبيرة، في تمثيل حالات الظاهرة الإنسانية والاجتماعية. وهذا ما يجعلها أكثر مرونة في التعبير عن تلك الحالات.

غير أن ما يميِّز مقاربة منطق الضبابية للظواهر الإنسانية والاجتماعية من المنهج الإحصائي الكمي، ليس مراعاة الخصائص الكامنة في تلك الظواهر

---

(22) انظر: الفصل الثالث، ص 145-147، من هذا الكتاب.

فحسب، وإنما أيضًا «معايرة»[23] المجموعات الضبابية الممثلة لتلك الظواهر. وتمكّن هذه العملية من تصميم المجموعات الضبابية بصورة أكثر إتقانًا من جهة، وتعيين قيم الانتماء إلى تلك المجموعات بالاعتماد على معايير مرجعية خارجية من جهة ثانية. فكيف يمكن تصميم المجموعات الضبابية حيث تراعي التغيرات الكمية والكيفية في الوقت نفسه؟ وكيف تخلت مقاربة تلك المجموعة للظواهر الإنسانية والاجتماعية عن سلبيات المنهج الإحصائي وحافظت على إيجابياته؟ وعلامَ يعتمد الخبراء في معايرة قيم الانتماء إلى المجموعات الضبابية؟

للإجابة عن هذه الأسئلة، يحاول هذا المبحث الوقوف على كيفية تصميم

(23) للمعايرة (Calibration) أهمية كبيرة، في ميدان القياسات الفيزيائية، وتعني تعيين انحراف القيمة المقاسة عن القيمة المعيارية بوصفها معيارًا مرجعيًا لها، في درجة الحرارة النظامية. ففي الأبعاد الهندسية، ثمة معايير مرجعية تسمى محدِّدات القياس (Gauge Blocks). ويسمى تغير طول المحدِّد بتغير درجة حرارته في حال اختلاف المعدن أو طريقة التشغيل ومدى دقتها «تحول الطور»؛ لأنه تغير في الخصائص الكيفية للمحدِّدين المرجعي والمقاس. مثلما هو الحال في تغير خصائص الماء عند درجتي الحرارة صفر ومئة. إذ يزداد حجمه عندما تقل درجة حرارته عن الصفر، وينقص عندما تتجاوز درجة حرارته الدرجة مئة. وثمة مجموعات متسلسلة من محدِّدات القياس هي معايير مرجعية لكل طول محدِّد مرجعي. وهذه المعايير مصممة وفق مواصفات منظمة المعايير العالمية (ISO) في سلسلة تراتبية، من الأدنى إلى الأكثر دقة. مصنوعة من الفولاذ الصلب المعالَج حراريًا، أو من السيراميك. لكل منها مُعامِل تمدد حراري وسطحان متقابلان مستويان صقيلان ومقاومان للتأكّل، يحددان البعد الهندسي للمحدِّد الذي يجب أن يحافظ عليه نسبيًا. وتبدأ هذه السلسلة من المرتبة (grade-2) وهي الأقل دقة والمستخدمة في الورش والمعامل. وتخضع هذه المجموعة للمعايرة دوريًا، بحسب استخدامها (كل ستة شهور، على سبيل المثال)، بواسطة المجموعة (grade-1) الأعلى منها في مستوى الدقة، التي تستخدم في مخابر القياس المحلية، ومن أجل أغراض تعليمية وتدريبية. وهذه بدورها يتم معايرتها دوريًا باستخدام المجموعة (grade-0) التي تستخدم في مخابر القياس والمعايرة الدقيقة، والتي بدورها تتم معايرتها دوريًا ضمن المخبر، مرة كل سنة، باستخدام المجموعة (grade-k) أو (grade-00). وتتوافر، في المخبر الوطني للمعايير والمعايرة (مركز الدراسات والبحوث العلمية في سورية) - المجموعات السابقة، محفوظة في درجة حرارة (20°م) ورطوبة (55 في المئة). وهذه المجموعة الأخيرة تتم معايرتها في مخابر القياس والمعايرة المعتمدة دوليًا باستخدام أجهزة قياس تداخل ضوئي تعتمد سرعة الضوء. ومن أجل التأكد من سلامة المعايير في كل مخبر وطني، ضمن كل دولة، يتم إجراء مقارنات دولية دورية بين القياسات التي تُجرى في كل مخبر، وتناقَش النتائج ضمن مؤتمر دولي للمقارنة، تُمنَح، على أساسها، المخابر الوطنية للمعايير والمعايرة اعتمادًا معترفًا به دوليًا. والمشتغلون بمخابر المعايرة يستخدمون هذه المحدِّدات كلها ويحافظون على شروط المخبر الملائمة لها.

المجموعات الضبابية وقدِّها على قدِّ المفاهيم النظرية الممثلة للظواهر الإنسانية والاجتماعية. ويعتمد هذا التصميم على عملية البرغلة الضبابية بوصفها تعيِّن الحدود الضبابية أو المجموعات الفرعية لكل مجموعة ضبابية، وعلى المرتكزات الكيفية بوصفها أساسًا لقيم الانتماء التدرّجية إلى تلك المجموعات، وعلى مفهوم المعايرة بوصفه تجسيدًا للخبرات النظرية والعملية بالظاهرة.

تؤكد البرغلة الضبابية (Fuzzy-granulation) أن الضبابية كامنة في الأجزاء أو الحبيبات وفي خصائصها، وفي الدلالات التي تحيل عليها تلك الخصائص[24]. وبموجب هذه البرغلة تُعيّن الحدود الضبابية ذات الخصائص الضبابية التي تتخذ دلالاتها من درجات الإمكان اللغوية.

غير أنه من المتعذر تطبيق البرغلة الضبابية في كل الحالات بالدرجة ذاتها من الإتقان، وإن أمكن ذلك، فمن غير الملائم القيام بها، لأن متطلبات هذه العملية تختلف وفقًا للسياق المستخدَم، وللغرض من المجموعة المصمَّمة، وللبيئة المرتبطة بالحالة المدروسة. وبالتالي، فخشونة الحبيبات الناجمة عن عملية البرّغَلة أو نعومتها تحددها الرغبة في درجة التقريب أو المستوى المطلوب من الإتقان في تلك العملية. فربما لا تكون المعلومات القابلة للتفكيك إلى حبيبات ناعمة (Fine-grained) متاحة؛ وإن كانت متاحة، فربما تكون غير ضرورية، أو ربما يتطلب الوصول إلى معلومات محدَّدة تكلفة مرتفعة وجهدًا كبيرًا. وبالتالي، من الأفضل اللجوء إلى تفكيك المعلومات أو البرغلة لحُبيبات خشنة (Coarse-grained)[25].

في أنظمة الاقتصاد الجديد، يفضي التسارع الآني في تغيُّرها إلى تعذر الوصول إلى المعلومات المطلوبة، أو ربما لا تكون المعلومات متاحة بالكامل؛ أي ثمة لايقين ناجم عن نقص في المعلومات، الأمر الذي يُضطرُّهم إلى تعيين

(24) Lotfi A. Zadeh, «Toward a Theory of Fuzzy Information Granulation and its Centrality in Human Reasoning and Fuzzy Logic,» *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 90 (1997), pp. 112-113.

(25) المصدر نفسه، ص 122-123.

حدود شديدة الضبابية، أي يلجأون إلى برغلة أكثر ضبابية[26] لا تحوي الكثير من المتغيرات اللغوية، أو الحدود الضبابية وقواعد الاستدلال الضبابي، كما أنهم يعينون مجالًا كبيرًا لتلك الحدود؛ لأنه يوافق حالة أشدّ ضبابية. وفي أنظمة التشخيص الدقيق لبعض الأمراض المستعصية، أو في معايرة الأجهزة ذات الدقة العالية، أو الحالات التي تتطلب جودة في التحكم، يحتاج الأمر إلى المزيد من الخبرات والمعارف التي تتطلب وقتًا إضافيًا وتكلفة أعلى، وهذا ما لا يمكن تحقيقه أحيانًا. وبالتالي، يتحدد مستوى البرغلة المطبق بما يوافق الهدف المراد تحقيقه؛ أي الغرض أو الغاية من دراسة الظاهرة. وبتعيين الغرض يجري تصميم المجموعات الضبابية؛ أي اختيار المجموعة الشاملة، والمجموعات الفرعية الضبابية أو الحدود الضبابية ومجالات كل منها، ومستوى الضبابية في كل حدٍّ، ووضع توابع الانتماء وشكلها لكل مجموعة. ومن ثمَّ تعيين الحالات المتضمَّنة في المجموعة الشاملة ومجموعاتها الفرعية الضبابية، والحالات غير المتضمَّنة فيها.

بتحديد الغرض، يصبح تعيين المرتكزات الكيفية الثلاثة أمرًا ضروريًا. وتوضِّح هذه المرتكزات الحدَّ الأعلى للانتماء الكامل إلى المجموعة الضبابية، والحدَّ الأدنى للانتماء الكامل إليها، ونقطة الانعطاف أو التحول بين هذين الحدين[27]. فللحدين الأدنى والأعلى دوْران: أولهما، تمثيل التغيرات الكيفية لحالات الظاهرة الإنسانية والاجتماعية من اللاانتماء الكامل للمجموعة الضبابية، إلى الانتماء الكامل، وبالعكس؛ وثانيهما، الاهتمام بالانحرافات وثيقة الصلة بالحالة المدروسة الواقعة بين هذين الحدين، واستبعاد ما هو خارج عنها لكونها لا تتعلق بالهدف المحدَّد للمجموعة الضبابية في سياق بعينه. وتنطوي هذه الانحرافات على التغيرات الكمية الطفيفة التدرّجية الانسيابية لحالات الظاهرة. وأما نقطة الانعطاف فيكمن دورها في تمييز الحالات الأقرب إلى الانتماء الكامل

---

(26) كلما ازدادت الضبابية في المفهوم قلَّ انحدار المنحنى البياني للمجموعة الفرعية الضبابية واتسعت قاعدته، والعكس بالعكس. وتمكِّن المجموعات الضيقة من جودة أكبر في التحكم الآلي. انظر: الفصل الثالث، ص 161-162، من هذا الكتاب.

(27) Ragin, *Fuzzy-Set Social Science*, pp. 176-178.

منها إلى اللاانتماء الكامل عن الحالات الأقرب إلى اللاانتماء الكامل منها إلى الانتماء الكامل.

في دراسة ظاهرة «الفقر» تختلف المرتكزات الكيفية لمجموعة «فقير» عن مجموعة «فقير جدًا» أو «فقير إلى حدٍّ ما»؛ لأن الحدَّ الأدنى للانتماء الكامل إلى مجموعة «الفقير» هو النهاية العظمى التي إذا وصلت إليها قيمة الانتماء أو تجاوزتها، يصبح الانتماء كاملًا، أي يكون الفرد فقيرًا بالتأكيد، والحدّ الأعلى للاانتماء الكامل هو العتبة الدنيا التي إذا كانت قيمة الانتماء مساوية لها أو أقل منها، يصبح اللاانتماء كاملًا؛ أي يكون الفرد غير فقير بالتأكيد[28]. لكن المنتمي، انتماءً كاملًا، إلى مجموعة «فقير» لا يوافق ذلك بالضرورة، انتماء كاملًا إلى مجموعة «الفقير جدًا»، لكنه غالبًا يوافق انتماء كاملًا إلى مجموعة «فقير إلى حدٍّ ما»؛ لأن الحدَّ الأدنى للانتماء الكامل إلى مجموعة «فقير» أقل من قيمة الانتماء الموافقة لهذا الحد إلى مجموعة «فقير إلى حدٍّ ما»، وأكبر من قيمة الانتماء الموافقة له إلى مجموعة «فقير جدًا». فلو كانت قيمة الانتماء الكامل إلى مجموعة «فقير» هي [0,95] فإنها تقابل قيمتي الانتماء إلى مجموعة «فقير إلى حدٍّ ما»؛ [0,97] وإلى مجموعة «فقير جدًا» [0,90]. إذ تستبعد مجموعة «الفقير» من مجالها مَن ليسوا بالتأكيد فقراء، أي من هم أقرب إلى «متوسطي الدخل» منهم إلى «الفقر»، أو يكونون «أغنياء» أو «أغنياء جدًا». وتسمح درجات الإمكان اللغوية - «جدًا» و«إلى حدٍّ ما» - بتمييز الحالات الأقل من الأكثر فقرًا، بالقياس على بُعدِها أو قُرْبِها من الحدين الأعلى والأدنى للفقر. الأمر الذي يعني أنه ليس لأعضاء المجموعة الضبابية الممثِّلة لهذه الظاهرة انتماء مطلق، وليس لها لاانتماء مطلق، وإنما تقترب منهما. لذا نقول انتماء تامًا أو كاملًا ولاانتماء تامًا أو كاملًا. ويتعين الانتماء التام واللاانتماء التام وفقًا للغرض من المجموعة.

بالمثل، تتطلب دراسة مؤشرات «التنمية» البشرية للدول تعيين هذه المرتكزات. فإذا انخفضت مؤشرات التنمية الثلاثة مجتمعة - الصحة والتعليم

(28) M. C. S. Bantilan, F. T. Bantilan and M. M. De Castro, «Fuzzy Subset Theory in the Measurement of Poverty,» *Journal of Philippine Development*, vol. 19, no. 34, First Semester (September 1992), p. 100.

والاقتصاد - في دولة ما عن الحدِّ الأعلى للانتماء الكامل في كل منها أو كانت مساوية له؛ أي إذا كانت قيمة انتمائها إلى مجموعة «التنمية» البشرية أقل من هذا الحدِّ أو مساوية له، يُنظَر إليها على أنها تمثل حالة اللاانتماء الكامل؛ لكونها لم تحقق تنمية بشرية في هذه المؤشرات بقدر يُذكَر. وإذا تجاوزت قيمة انتمائها إلى هذه المجموعة الحدَّ الأدنى للانتماء الكامل أو كانت مساوية له، ينظر إليها على أنها تمثل حالة الانتماء الكامل؛ لكونها حققت تنمية بشرية بقدر جيد في السياق المدروس. وأما إذا كانت قيمة انتمائها بين الحدين، فينُظَر إليها على أنها تمثل حالات من الانتماء الجزئي بدرجة كبيرة أو صغيرة لكونها حققت التنمية بدرجة أو بأخرى[29].

لذلك من المهم، في رأي راغن، أن نستبدل بنمط التفكير في المتغيرات وتحليلها، التفكير في المجموعات وقيم الانتماء إليها. ويرى راغن أيضًا أنه من الأفضل معالجة المفاهيم الأساسية في نظريات علماء الاجتماع بوصفها مجموعات وليست متغيرات؛ كأن نستبدل بمتغير «الناتج المحلي الإجمالي» مجموعة «الدول الغنية». وعندها يصبح بعض مجالات المتغير التي ربما تُستخدَم للدلالة على الانتماء إلى المجموعة لا علاقة له بالموضوع قيد البحث ويصبح من الضروري استبعاده[30]. لكن الاعتماد على المرتكزات الكيفية لتعيين قيم الانتماء الجزئية وتمييز الانحرافات وثيقة الصلة من تلك التي لا صلة لها بالمجموعة، لا يتم بتحويل المتغيرات الفئوية أو الترتيبية تحويلًا آليًا إلى مجموعات ضبابية، وإنما تتعين دلالتها بما يوافق الغرض من المجموعة. وبالتالي، تختلف هذه الانحرافات عن الانحرافات التي يجري تعيينها في قياس النزعة المركزية لعيّنة محددة من المتوسط الحسابي والانحراف المعياري بوصفهما معايير مرجعية. وإن كان من الممكن أن تكون هذه القياسات في منزلة تصور أولي لمفهوم المعايرة[31]، فإن

---

(29) Michael Smithson and Jay Verkuilen, *Fuzzy Set Theory: Applications in the Social Sciences*, Quantitative Applications in the Social Sciences; no. 07/147 (Thousand Oaks: Sage Publications, 2006), p. 21.

(30) Ragin, *Fuzzy-Set Social Science*, p. 167.

(31) Charles C. Ragin, *Redesigning Social Inquiry: Fuzzy Sets and Beyond* (Chicago: University of Chicago, 2008), p. 78.

دلالاتها تختلف عن دلالات المرتكزات الكيفية وقيم الانتماء الجزئية. وكي يصبح لقيم الانتماء معنى يحقق الغرض منها، لا بدَّ من معايرة المجموعة الضبابية. ويعني مفهوم المعايرة هنا «ضرورة تعيين درجات الانتماء بما يتَّفق مع معايير مرجعية خارجية»[32]، أي تحديد دلالات الانتماء إلى كل مجموعة فرعية ضبابية استنادًا إلى المرتكزات الكيفية الثلاثة. إذ تقوم هذه المرتكزات، في المجموعات الضبابية الممثِّلة للظواهر الإنسانية والاجتماعية، مقام «تحولات الطور» (Phase Shifts)[33] في الظواهر الطبيعية؛ أي إنها تمثِّل، من جهة، تغيُّر الخصائص الكيفية للظاهرة الإنسانية والاجتماعية المدروسة، وتُستخدَم من جهة ثانية بوصفها معيارًا مرجعيًا لقيم الانتماء الأخرى إلى المجموعة الضبابية ومجموعاتها الفرعية، أي بوصفها شرطًا يعيِّن الشروط الأخرى أو يعطيها دلالات تتفق مع الغرض من المجموعة المصممة. لذا، يسمح تصميم المجموعة الضبابية، بما يتلاءم مع الغرض من الدراسة، بتنظيم عملية المعايرة، ويقيم علاقة مباشرة بين الخطاب النظري والتحليل التجريبي[34].

لكن، إذا كانت المعايرة تتطلب وجود معايير مرجعية خارجية، فمن أين يستمد الباحث في الظواهر الإنسانية والاجتماعية، معاييره المرجعية؟ وهل يمكن الوثوق بهذه المعايير؟

يرى راغن أنه يمكن للمعايير المرجعية الخارجية[35] أن تعكس الخبرات النظرية والعملية في الظواهر الإنسانية والاجتماعية، أو الخبرات المتراكمة

---

(32) المصدر نفسه، ص 78.

(33) انظر الهامش (23)، ص 216 من هذا الكتاب.

(34) Ragin, *Redesigning Social Inquiry*, pp. 8 and 83.

(35) يضع راغن طريقتين لتطبيق المعايير المرجعية الخارجية: **أولاهما** مباشرة، يتم فيها تعيين قيم المتغير الفئوي الموافقة للمرتكزات الكيفية الثلاثة للمجموعة الضبابية، ثم تُستخدم هذه المرتكزات لتحويل القيم الأصلية للمتغير الفئوي إلى درجات انتماء إلى المجموعة الضبابية. **وثانيتهما** غير مباشرة، إذ تُقيَّم الحالات المرتبة وفقًا للمتغير الفئوي، بوصفها أعضاء من المجموعة الغرض، تقويمًا كيفيًا. ومن أجل تحويل قيم المتغير الفئوي إلى درجات انتماء ضبابية، وضع صيغًا رياضية بعضها خطي وبعضها أسِّي. للمزيد انظر: المصدر نفسه، ص 86-97.

المستمدة من دراسة حالات بعينها[36]. ومن شأن الخبرات العميقة أن تمكِّن من تصميم المجموعات الضبابية وتعيين المرتكزات الكيفية بطريقة أكثر إتقانًا، حيث تمثل الغرض منها تمثيلًا أمينًا إلى حدٍّ كبير. ويمكن أن تُنسَب إلى هذه المعايير درجات مختلفة من الوثوقية تزداد وتقل بازدياد الخبرة وقلتها، ما يفسح المجال، من جهة، لقراءات مختلفة للظاهرة الواحدة، ويسمح من جهة ثانية بوضع هذه المعايير ذاتها موضع النقد، ويفرض من جهة ثالثة ضرورة أخذ الخبرات المتباينة بالحسبان؛ أي إعطاء أهمية وأولوية عند اتخاذ القرارات لمن يمتلك خبرات أكثر من غيره، في حال تعدد الآراء أو تباينها. وهذا ما يتناوله البحث في المبحث الثالث من هذا الفصل «اتخاذ القرار في بيئة ضبابية».

تستمدُّ هذه المعايرة دلالتها وأهميتها من نقطتين أساسيتين: **أولاهما**، تسمح للخبير دومًا بمراجعة قيم الانتماء ليتمكن من استبعاد الحالات التي لا تتفق مع الغرض من الدراسة؛ **وثانيتهما**، تعزز العلاقة بين الجانب النظري المرتبط بمعرفة الظاهرة والجانب التجريبي المتعلق بالحالات الواقعية أو الدليل الذي يؤيد الجانب النظري أو ينفيه. ويصقل هذا التفاعل المتبادل صوغ مفاهيم الظاهرة الممثَّلة بمجموعات ضبابية، ويعزز المعرفة بالحالات التجريبية المدروسة. واستنادًا إلى المجموعات التي جرت معايرتها، يمكن فحص علاقات التضمُّن بين المجموعات الفرعية الضبابية. وتعني علاقة التضمُّن بين مجموعتين فرعيتين ضبابيتين أن قيم الانتماء إلى إحداهما أقلُّ من قيم الانتماء إلى الأخرى، أو تساويها، بشكل متوافق[37]. فالقول: «إن الدول المتقدمة هي دول ديمقراطية» يعني، وفقًا لعلاقة التضمُّن، أن الدول «المتقدمة» هي مجموعة فرعية من المجموعة الضبابية «الديمقراطية»، ويعني أيضًا أن ثمة طرائق أخرى تتشكل فيها الأنظمة الديمقراطية ربما لا تكون الدولة فيها متقدمة، كما أن اللاانتماء الكامل [0,05] إلى مجموعة الدول «الديمقراطية» لا يوافق الانتماء الكامل [0,98] إلى مجموعة الدول «الدكتاتورية» - من حيث إن مفهوم «الديمقراطية» يقابِل بالتضاد مفهوم

(36) المصدر نفسه، ص 82.

(37) المصدر نفسه، ص 99 و194.

«الدكتاتورية» - إذ ربما تكون الدولة خارج المجموعة الأولى بالكامل، لكنها ليست ضمن المجموعة الثانية بالكامل، بل ربما تكون منتمية إليها جزئيًا، بقيمة كبيرة أو صغيرة. وهذا ما يتم مراعاته عند فحص علاقة النفي بين المجموعات الضبابية.

أما علاقة التقاطع الضبابي بين المجموعات فتسمح بمعرفة قيم انتماء الحالات - بوصفها نماذج من الظاهرة المراد دراستها. ويُحسب التقاطع من الحد الأدنى للانتماء إلى كل مجموعة، أو ناتج ضرب قيم الانتماء[38]. ويستبدل سميثسون بالحد الأدنى لعملية التقاطع، حاصل الضرب بين قيم الانتماء عندما تُنتِج العملية الحسابية لبعض الحالات قيمة الانتماء ذاتها إلى النتيجة، من الناحية النظرية، مع أنها مختلفة في المستوى، من الناحية التجريبية أو الواقعية.

في مؤشرات التنمية البشرية، لو افترضنا أن قيمة الانتماء إلى «الصحة» للدولة الأولى [0,3]، وللثانية [1]؛ وقيمة الانتماء إلى «التعليم» للدولة الأولى [0,25]، وللثانية [0,25]؛ وقيمة الانتماء «إلى المستوى الاقتصادي» للدولة الأولى [0,4]، وللثانية [1]. فوفقًا لعملية التقاطع الضبابي التي تأخذ الحدَّ الأدنى للانتماء، تكون للدولتين القيمة ذاتها من الانتماء إلى مجموعة «التنمية البشرية»؛ أي [0,25]، وهذا لا يعكس المستوى الفعلي للتنمية البشرية. بينما وفقًا لعملية التقاطع الضبابي التي تأخذ حاصل ضرب قيم الانتماء، تكون قيمة انتماء الدولة الأولى إلى مجموعة «التنمية البشرية» هي [0,045]، بينما قيمة انتماء الدولة الثانية إلى المجموعة ذاتها هي [0,25]. وهذا يعكس مستوى التنمية في البلدين، بشكل أفضل. ويمكن فهم هذا الاختلاف في التقاطع الضبابي بأن الدولة الأولى أقل تنمية من الثانية، لكنها أكثر توافقًا في مؤشراتها؛ لأن كلها منخفضة. بينما الدولة الثانية، هي أكثر تنمية، لكنها لا تنفق على التعليم، أو لا يوجد إقبال على التعليم لأسباب ربما تتعلق بعادات اجتماعية.

من البيّن أن تحليل العلاقات النظرية للمجموعة الضبابية يختلف عن تحليل

(38) Smithson and Verkuilen, p. 70.

علاقات الارتباط بين المتغيرات في التحليل الكمي الإحصائي. فبينما يفترض التحليل الكمي علاقات متماثلة بين المتغيرات المرتبطة، أي يركز اهتمامه على إثبات علاقة الارتباط بين المتغيرات أو نفيها، بصرف النظر عن العلاقات القائمة بين الظواهر المقابلة لها، لا ينطلق تحليل العلاقات النظرية للمجموعة الضبابية من افتراض كهذا؛ لأنه «تحليل لصيغ كلامية غير متماثلة مؤلفة من مفاهيم تمثّلها مجموعات ضبابية»[39]. وقواعد استدلال ضبابي تستخدم المتغيرات باللغة الطبيعية، وتعكس الخبرات المستعملة في التعبير عن المشكلات الواقعية. وليس في هذا التحليل تماثل، وإنما تجسيد للتغاير والتنوع.

بعد تصميم المجموعات الضبابية الممثلة للظاهرة الإنسانية والاجتماعية المدروسة، لا بدّ من فحص حالات تلك الظواهر ونماذجها المنوعة. وهذا يتطلب فحص الضرورة والكفاية، أي الشروط الضرورية و/ أو الكافية التي تفضي إلى نتيجة محدَّدة، أو اختلاف تلك الشروط، أو اختلاف الطرائق التي تفضي إلى النتيجة ذاتها.

رابعًا: تحليل الضرورة والكفاية في الظواهر الإنسانية والاجتماعية

يستخدم المشتغلون بمنطق الضبابية في تحليل الضرورة والكفاية المبادئ النظرية للمجموعة الضبابية، أي يُنظر إلى الشروط السببية والنتيجة على أنها مجموعات ضبابية؛ إذ يجري تكوين المجموعات السببية - المرتبطة بالحالات التجريبية - منطقيًا، بطرائق مختلفة، اعتمادًا على النفي الضبابي والتقاطع الضبابي والاجتماع الضبابي. وتُفحَص كل طريقة تتحد فيها هذه الأسباب بوصفها نمطًا مثاليًا للسببية، وكل حالة بوصفها أنموذجًا من تعينات هذا النمط؛ لكونها تقترب منه بدرجة أو بأخرى. ومن ثم، تُفحص ضرورة هذه الأسباب وكفايتها؛ أي يُعثر على حالات تشترك في الأسباب والنتيجة معًا، أو حالات تشترك في النتيجة، لكن أسبابها مغايرة، أو تشترك في الأسباب لكن نتيجتها مُغايِرة.

---

(39) Ragin, *Redesigning Social Inquiry*, pp. 15, 22 and 102.

تمكِّن المبادئ النظرية للمجموعات الضبابية من فحص العلاقات القائمة بين المجموعات الفرعية للمجموعة الضبابية. وتتضمن هذه المبادئ «التضمُن الضبابي - الذي يعدُّ مركزيًا في تحليل الكفاية والضرورة - والتقاطع الضبابي - الذي يعدُّ مركزيًا في فحص الحالات بوصفها تعينات من النمط المثالي - والاجتماع الضبابي - بوصفه أساسيًا لفحص الطرائق البديلة التي تفضي إلى النتيجة ذاتها - وقوائم الصدق التي تكشف عن السببية المعقدة»[40]. إذ تنصبّ الغاية هنا على توظيف التقنيات الأساس في المجموعة الضبابية من أجل دراسة الشروط التي تؤثر في الظواهر الإنسانية والاجتماعية. فكيف تُستخدَم هذه التقنيات لاختبار الضرورة والكفاية؟ وما أوجه الاختلاف بين الضرورة والكفاية، بالمعنى التقليدي، وبمعناهما الضبابي؟

1- اختبار توافق الضرورة

يُنظَر إلى الشرط السببي باعتباره ضروريًا، من وجهة نظر علاقات المجموعات الفرعية الضبابية، عندما «تُشكِّل مجموعة «النتيجة» مجموعة فرعية ضبابية من مجموعة «الشرط السببي»، أي عندما تكون جميع قيم انتماء الحالات إلى النتيجة أقل من قيم انتمائها إلى الشرط السببي المقابل أو مساوية له»[41]. وبهذا، لا يكون الشرط ضروريًا للنتيجة، بالمعنى التقليدي للضرورة الذي يفترض حضورًا أو غيابًا للشرط، مقترنًا بحضور أو غياب للنتيجة، وإنما بالمعنى الضبابي، أي يكون حضور الشرط الضروري أو النتيجة بدرجة ما. فتكون قيمة انتماء الحالة إلى الشرط الضروري أكبر من قيمة انتمائها إلى النتيجة أو مساوية لها. وبقدر زيادة ضرورة الشرط تزداد قيمة الانتماء إليه، والعكس بالعكس، كلما قلَّت ضرورة الشرط تقلّ قيمة الانتماء إليه، لكنها تبقى، في الحالتين، أكبر من قيمة الانتماء إلى النتيجة أو مساوية لها.

ما يؤيد هذه الضرورة ويدعمها، من وجهة نظر المشتغلين بمنطق الضبابية، أو ما يحدد ضرورة الشرط السببي هو قيمة التوافق (Consistence) بين انتماء الحالات

---

(40) المصدر نفسه، ص 84.

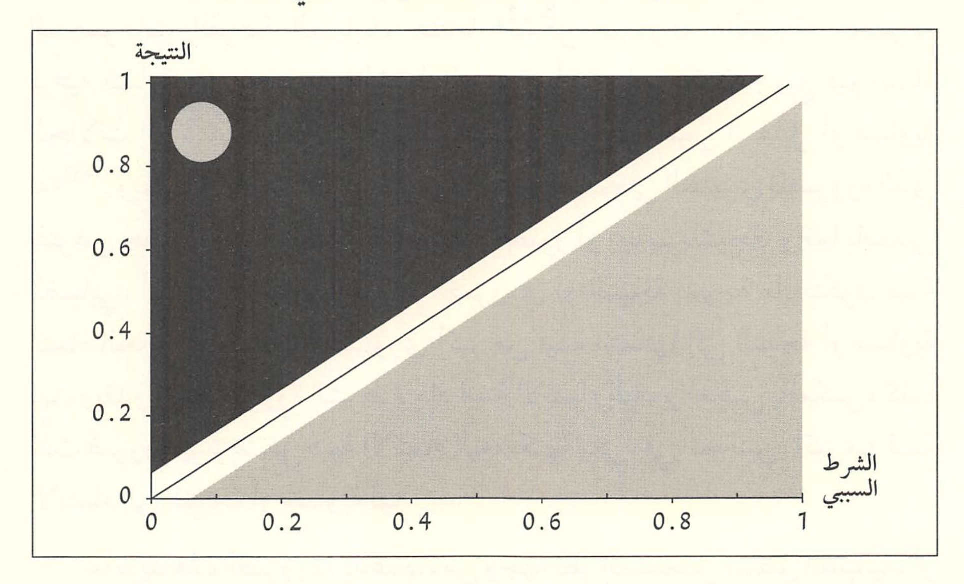
(41) المصدر نفسه، ص 53.

التجريبية إلى هذا الشرط وإلى النتيجة معًا. واختبار ضرورة الشرط يعتمد على اختبار هذا التوافق. فإذا كانت جميع قيم انتماء الحالات التجريبية إلى الشرط الضروري أكبر من قيم انتمائها إلى النتيجة، أو مساوية لها، يكون التوافق تامًا؛ أي قيمته مساوية للواحد. أما إذا كانت لحالةٍ أو لأكثر قيم انتماء إلى النتيجة أكبر، بدرجة ما، من قيم انتمائها إلى الشرط الضروري، عندها ينخفض هذا التوافق بدرجة أو بأخرى. ويستمر في الانخفاض إلى أن يصل إلى اللاتوافق عندما تكون جميع قيم انتماء الحالات التجريبية إلى النتيجة أكبر من قيم انتمائها إلى الشرط السببي. وتحسب قيمة التوافق بين الشرط الضروري (x_i) والنتيجة (y_i) وفقًا للمعادلة [4-1]. ويوضح هذا التوافق الشكل (4-3)[42]:

المعادلة [4-1]: $\text{Consistency } (y_i \leq x_i) = \Sigma\,[\min(x_i, y_i)]\ /\Sigma(y_i)$

الشكل (4-3)

توافق الضرورة والكفاية بين الشرط السببي والنتيجة



إن توافق الضرورة هو حاصل قسمة مجموع الحدود الدنيا لقيم انتماء كل حالة من الحالات التجريبية إلى مجموعتي النتيجة والشرط السببي الضروري،

(42) المصدر نفسه، ص 53.

على مجموع قيم انتماء تلك الحالات إلى النتيجة. فإذا كان حاصل القسمة مساويًا للواحد، فالتوافق تام بين الشرط الضروري والنتيجة؛ أي تكون قيم انتماء جميع الحالات إلى الشرط الضروري أكبر من قيم انتمائها إلى النتيجة أو مساوية لها، وتتوزع الحالات على الخط القطري أو تحته في الشكل (4-3). أما ازدياد مستوى ضرورة الشرط السببي فيعني ازدياد قيم الانتماء إليه مقابل انخفاض قيم الانتماء إلى النتيجة؛ أي كلما اقتربت الحالات التجريبية الواقعة تحت الخط القطري من قيم الانتماء التام إلى الشرط السببي، تزداد درجة ضرورة هذا الشرط للنتيجة.

بناء على ذلك، الحالات التي تزيد قيم انتمائها إلى الشرط الضروري، بدرجة أو بأخرى، عن قيم انتمائها إلى النتيجة، لا تقوض مبدأ التوافق أو لا تنفي ضرورة الشرط، وإنما تعني أن مستوى ضرورة هذا الشرط لنتيجة تلك الحالة أكبر من مستوى ضرورة الشرط الذي تتساوى فيه قيم الانتماء مع النتيجة؛ أي إذا كان انتماء الحالات التجريبية إلى الشرط أكبر بكثير من انتمائها إلى النتيجة، فهذا يحافظ على مبدأ التوافق بين الشرط الضروري والنتيجة من جهة، ويؤكد ضرورة هذا الشرط أكثر من غيره من جهة ثانية. لكن، إذا كان لأكثر الحالات درجات انتماء تامة إلى الشرط الضروري مقابل درجات انتماء منخفضة، أو لاانتماء إلى النتيجة، عندها تكون الضرورة مبتذلة[43]. وهذا يوافق الحالات التي تُفرَض فيها شروط صارمة وقطعية، ويقابل الحالات الواقعة تحت الخط القطري والمتمركزة تمامًا في الزاوية السفلية اليمنى، أو فوقها قليلًا، في الشكل (4-3).

أما إذا كان لأكثر الحالات قيم انتماء إلى النتيجة أكبر بكثير من قيم انتمائها إلى الشرط الضروري -وهي الحالات التجريبية التي تخفِّض قيمة التوافق عن الدرجة (0.5)، مبتعدة كثيرًا عن الخط القطري باتجاه الزاوية العلوية اليسرى من الشكل (4-3) - فيتحول التوافق المنخفض بين هذا الشرط وتلك النتيجة إلى لاتوافق، بدرجة كبيرة. وبينما يُعامِل التحليل الارتباطي هذه الحالات على أنها

(43) Gary Goertz: «Assessing the Trivialness, Relevance, and Relative Importance of Necessary or Sufficient Conditions in Social Science,» *Studies in Comparative International Development*, vol. 41, no. 2 (June 2006), p. 95, and «Assessing the Importance of Necessary or Sufficient Conditions in Fuzzy-Set Social Science,» (7 June 2003), pp. 2-3, on the Web: <http://www.compasss.org/wpseries/Goertz2003.pdf>.

تُضعِف الارتباط، أو أنها أخطاء يجب استبعادها من التحليل، تُعامَل من وجهة نظر العلاقات النظرية للمجموعة الضبابية، أنها أنموذج آخر أو طريق أخرى للنتيجة ذاتها، أي ثمة شروط سببية أخرى يمكن أن تؤدي إلى النتيجة ذاتها، ويُنظر إلى هذا الشرط على أنه كاف أو مفسِّر، لكنه غير ضروري للوصول إلى تلك النتيجة[44]. ولمعرفة درجة الضرورة للشرط السببي، أو مستواها، دورٌ مهم يكمن في نقطتين أساسيتين: **أولاهما** صوغ المفاهيم النظرية المرتبطة بالظاهرة الإنسانية والاجتماعية، **وثانيتهما** محاولة تجنب الآثار السلبية التي ربما يحدثها الشرط الضروري في حال تحققت شروط أخرى؛ أي محاولة منع الشروط الكافية أو عدم توفيرها، التي إذا اتحدت مع هذا الشرط لأمكن الوصول إلى نتيجة غير مرغوبة. وهذا ما يتعين على صناع القرار أخذه في الحسبان.

لذا، يتطلَّب الأمر اختبار كفاية الشرط السببي، أو اختبار توافق الكفاية بين الشرط السببي والنتيجة.

2- اختبار توافق الكفاية

يُنظَر إلى الشرط على أنه كافٍ عندما «تشكِّل مجموعة «الشرط السببي» مجموعة فرعية ضبابية من مجموعة «النتيجة»، أي عندما تكون جميع قيم الانتماء إلى الشرط السببي أقل من قيم الانتماء إلى النتيجة المقابلة أو مساوية لها»[45]. فالشرط كافٍ لتحقق النتيجة، ليس بمعنى الحضور أو الغياب لأحدهما أو لكليهما، وإنما يعني أن حضور الشرط يكون بدرجة ما؛ أي إن قيمة الانتماء إلى الشرط الكافي أقل من قيمة الانتماء إلى النتيجة، أو مساوية لها. فبقدر ما يكون الشرط كافيًا تزداد قيمة الانتماء إلى النتيجة، والعكس بالعكس، كلما قلّت كفاية الشرط تقلّ قيمة الانتماء إلى النتيجة، لكنها تبقى، في الحالتين، أكبر من قيمة الانتماء إلى الشرط السببي أو مساوية لها.

---

(44) Ragin, *Redesigning Social Inquiry*, pp. 47-48 and 53.

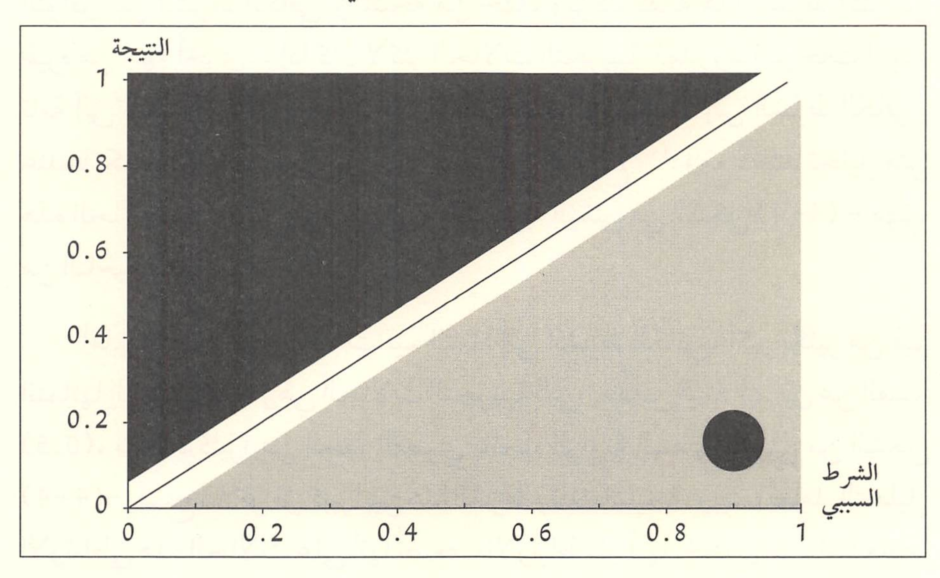
(45) Charles C. Ragin and Paul Pennings, «Fuzzy Sets and Social Research,» *Sociological Methods Research*, vol. 33, no. 4 (May 2005), p. 425.

ما يؤيد هذه الكفاية ويدعمها من وجهة نظر المشتغلين بمنطق الضبابية، أو ما يعيِّن كفاية الشرط السببي، هو قيمة التوافق أيضًا بين انتماء الحالات التجريبية إلى هذا الشرط وإلى النتيجة معًا. واختبار كفاية الشرط يعتمد على اختبار هذا التوافق. فإذا كانت جميع قيم انتماء الحالات التجريبية إلى النتيجة أكبر من قيم انتمائها إلى الشرط الكافي أو مساوية لها، يكون التوافق تامًا؛ أي قيمته مساوية للواحد. أما إذا كانت لحالة، أو أكثر، قيم انتماء إلى النتيجة أقل، بدرجة ما، من قيم انتمائها إلى الشرط الكافي، عندها ينخفض هذا التوافق بدرجة أو بأخرى. ويستمر في الانخفاض إلى أن يصل إلى اللاتوافق عندما تكون جميع قيم انتماء الحالات التجريبية إلى النتيجة أقل من قيم انتمائها إلى الشرط السببي. وتُحسَب درجة التوافق بين الشرط الكافي (x_i) والنتيجة (y_i) وفقًا للمعادلة [4-2]. ويوضحها الشكل (4-4)[46]:

المعادلة [4-2]: $\text{Consitency}\,(x_i \leq y_i) = \Sigma\,[\min(x_i, y_i)]\,/\Sigma(x_i)$

الشكل (4-4)

توافق الكفاية بين الشرط السببي والنتيجة



(46) Ragin, *Redesigning Social Inquiry*, p. 52.

إن توافق الكفاية هو حاصل قسمة مجموع الحدود الدنيا لقيم انتماء كل حالة من الحالات التجريبية إلى مجموعتي النتيجة والشرط السببي الكافي، على مجموع قيم انتماء تلك الحالات إلى هذا الشرط. فإذا كان حاصل القسمة مساويًا للواحد، فالتوافق تام بين الشرط الكافي والنتيجة؛ أي تكون قيم انتماء الحالات إلى الشرط الكافي أقل من قيم انتمائها إلى النتيجة أو مساوية له، وتتوزع الحالات على الخط القطري أو فوقه في الشكل (4-4). أما ازدياد مستوى كفاية الشرط السببي فيعني انخفاض قيم الانتماء إليه مقابل ازدياد قيم الانتماء إلى النتيجة؛ أي كلما اقتربت الحالات التجريبية الواقعة فوق الخط القطري من قيم الانتماء التام إلى النتيجة تزداد درجة كفاية هذا الشرط.

بهذا، الحالات التي تزيد قيم انتمائها إلى النتيجة بدرجة أو بأخرى، على قيم انتمائها إلى الشرط الكافي، لا تقوض مبدأ التوافق، أو لا تنفي كفاية الشرط، وإنما تعني أن درجة كفاية هذا الشرط لتلك النتيجة، أكبر من درجة كفاية الشرط الذي تتساوى فيه قيم الانتماء مع النتيجة؛ أي إذا كان انتماء الحالات التجريبية المدروسة إلى النتيجة أكبر بكثير من انتمائها إلى الشرط، فهذا يحافظ على مبدأ التوافق بين الشرط الكافي والنتيجة من جهة، ويؤكد كفاية هذا الشرط أكثر من غيره من جهة أخرى. وإذا كان لأكثر الحالات التجريبية المدروسة درجات انتماء تامة إلى النتيجة مقابل درجات انتماء منخفضة، أو لاانتماء إلى الشرط الكافي، عندها تكون الكفاية مبتذلة؛ أي الشرط الكافي قلما يقع[47]. ومع ذلك، تحليل مثل هذه الحالات - أي التي تقع في الزاوية العلوية اليمنى في الشكل (4-4) - مهم، من الناحية النظرية.

أما إذا كان لأكثر الحالات قيم انتماء إلى الشرط الكافي، أكبر بكثير من قيم انتمائها إلى النتيجة - وهي الحالات التجريبية التي تخفِّض قيمة التوافق عن القيمة (0,5)، مبتعدة كثيرًا عن الخط القطري باتجاه الزاوية السفلية اليمنى من الشكل (4-4)- يصبح اللاتوافق كبيرًا بين هذا الشرط وتلك النتيجة. وبينما يُعامِل التحليل الارتباطي هذه الحالات على أنها تُضعِف الارتباط، أو أنها أخطاء يجب استبعادها

(47) Goertz, «Assessing the Trivialness,» p. 104.

من التحليل، تُعامَل من وجهة نظر العلاقات النظرية للمجموعة الضبابية، بوصفها تفتقر إلى شروط سببية أخرى لم تُحدّد ضمن الشروط المذكورة. وبهذا يكون الشرط ضروريًا، لكنه غير كافٍ أو غير مفسِّر للوصول إلى النتيجة. وكي يكون التوافق مقبولًا، للضرورة أم الكفاية، ينصَح راغن بألا تقل قيمته عن (0,75) والأفضل أن تكون (0,80). وكلما اقتربت القيمة من التوافق التام، كان اختيار الشرط أكثر إتقانًا[48].

الجدول (4-1)

الحالات التجريبية	مستوى التعليم	الصحة	التنمية البشرية
أ	0,3	0,2	0,2
ب	0,6	0,4	0,5
ج	0,7	0,5	0,7
د	0,8	0,6	0,6

لو افترضنا أن مؤشري «التنمية البشرية»، أي «مستوى التعليم» و«الصحة»، الأول شرط ضروري لتحقيق هذه التنمية - أي النتيجة، والثاني شرط كافٍ لها. ويُظهر الجدول (4-1) أن لجميع الدول قيم انتماء إلى مجموعة «مستوى التعليم» أكبر من قيم انتمائها إلى مجموعة «التنمية البشرية» أو مساوية لها، لذا، التوافق تام؛ أي قيمته مساوية للواحد وفق المعادلة [4-1]. لكن، لو كانت لواحدة أو أكثر من تلك الدول قيم انتماء إلى «مستوى التعليم» أقل من قيم انتمائها إلى «التنمية البشرية»، بدرجة أو بأخرى، عندها ينخفض التوافق بين الشرط الضروري والنتيجة، ويصبح هذا الشرط، على الأغلب، ضروريًا للنتيجة. كأن نستبدل بالقيمة [0,2] لانتماء الدولة (أ) إلى «التنمية البشرية» القيمة [0,6]، فتنخفض قيمة التوافق وفق المعادلة [4-1] إلى $(\frac{2,1}{2,4})$ = [0,875]. وفي المقابل، نرى أن لجميع الدول قيم انتماء إلى مجموعة «الصحة» أقل من قيم انتمائها إلى «التنمية

(48) Ragin, *Redesigning Social Inquiry*, pp. 46-48 and 53.

البشرية» أو مساوية لها. لذا، التوافق تام؛ أي قيمته مساوية للواحد وفق المعادلة [2-4]. لكن، لو استبدلنا بالقيمة [0,2] لانتماء الدولة (أ) إلى الشرط السببي القيمة [0.6]، عندها ينخفض التوافق بين الشرط الكافي والنتيجة، وفق المعادلة [2-4]، إلى $(\frac{1.7}{2.1})$=[0,809]. ويصبح هذا الشرط، على الأغلب، كافيًا للنتيجة.

غير أن الظواهر الإنسانية والاجتماعية تحكمها جملة من الشروط المختلفة التي تتضافر بطرائق متعددة لتفضي إلى نتيجة محددة، أو ربما تتفق في نتيجتها وتختلف في الشروط التي أدَّت إليها. وهذا ما يقتضي اختبار ضرورة هذه الشروط مجتمعة وكفايتها.

3- اختبار ضرورة الشروط المتعددة وكفايتها بوساطة العمليات الأساس

ينطبق تحليل الشرط الواحد من حيث الضرورة والكفاية على الشروط المتعددة، سواء كانت تفضي إلى النتيجة ذاتها أم إلى نتيجة مختلفة. لكن تعدُّد الشروط وتداخلها لا يعني الكشف عن أثر كل شرط على حدة، كما هو الحال في التحليل الارتباطي، وإنما النظر إلى هذه الشروط المتحدة معًا، والطريقة التي اتحدت بها، على أنها أدت إلى تلك النتيجة. كما يسمح بمراعاة وجود شروط إضافية، ربما تكون كافية لو اتحدت بهذا الشرط الضروري أو ذاك، لأدت إلى تلك النتيجة (حالة الشروط الضرورية وغير الكافية)، أو اختلاف الطريقة التي تتشكل فيها الشروط نفسها، بدرجة أو بأخرى، فتفضي إلى النتيجة ذاتها (حالة الشروط الكافية أو المفسِّرة وغير الضرورية)، أو إمكان وجود شروط مختلفة تمامًا تؤدي إلى النتيجة نفسها، بدرجة أو بأخرى. ومن أجل اختبار هذه الشروط والنتائج، تُستخدم العمليات الأساس للمجموعة الضبابية؛ أي النفي والتقاطع والاجتماع والتضمن الضبابي.

يمكِّن التضمن مع التقاطع الضبابي من فحص ضرورة الشروط المتحدة، للنتيجة؛ أي الكشف إن كانت تلك النتيجة المشتركة بين الحالات المدروسة هي مجموعة فرعية من مجموعة الشروط المتحدة. أما التضمُّن مع الاجتماع الضبابي

فيسمح بفحص كفاية الشروط المتحدة للنتيجة، أي الكشف إن كانت مجموعة الشروط المتحدة هي مجموعة فرعية من النتيجة، كما يسمح بفحص الطرائق البديلة من النتيجة ذاتها. وأما التضمن مع النفي الضبابي فيسمح باختبار إن كانت الشروط المتحدة مجموعة فرعية من النتيجة ونقيضها في الوقت عينه.

بناء عليه، فـ «التقاطع الضبابي، هو أنموذج للسببية المشتركة والاجتماع الضبابي، هو أنموذج للسببية الفائضة»[49]. وما يعنيه ذلك، هو أن الاجتماع بين مجموعتين ضبابيتين، الذي يأخذ وفق معادلة الاجتماع الضبابي [3-6] الحد الأعلى لقيم الانتماء، تتضمَّن حكمًا، القيم الأقل من هذا الحد. وبهذا، فهي تغطي أكبر عدد ممكن من الشروط، الأمر الذي يجعل الشروط ذات قيم الانتماء الصغيرة فائضة أو زائدة. أما التقاطع الذي يأخذ، وفق معادلة التقاطع الضبابي [3-4]، الحد الأدنى للانتماء فتشترك جميع قيم الانتماء إلى تلك الأسباب في تحقيق النتيجة النهائية.

في دراسة موجة «الاحتجاج» التي شهدتها البيرو في عام 1980 ضد سياسة التقشف المفروضة من صندوق النقد الدولي، وضع الباحث، في البداية، الشروط السببية التي أدت إلى تلك النتيجة. ثم سلك طريقين باستخدام عمليات التقاطع والاجتماع والتضمُّن والنفي: أولاهما، اختار حالات مماثلة في نتيجتها وفَحَصَ إن كانت الشروط أيضًا نفسها، أي إنه اختبر ضرورة الشروط المتحدة التي اختيرت. فإن كانت النتيجة مجموعة فرعية من مجموعة الشروط المتحدة، تكون الشروط ضرورية. وثانيتهما، حاول العثور على حالات مختلفة في شروطها وفحص إن كانت قد شهدت احتجاجًا؛ أي اختبر كفاية الشروط المتحدة التي أدت إلى الاحتجاج. فإذا كانت الشروط السببية المتحدة مجموعة فرعية من مجموعة النتيجة، تكون الشروط السببية المتحدة كافية. وبالتالي، تكون الشروط المتحدة التي اختيرت هي ما يفسر النتيجة. أما إذا كانت ضرورية وغير كافية فيتعين عليه البحث عن أسباب أخرى يجب إضافتها إلى تلك الأسباب، وإعادة التقويم من جديد، وإذا كانت كافية أو مفسِّرة وغير ضرورية فهذا يعني أن طريقًا أخرى أو

(49) Smithson and Verkuilen, p. 14.

شروطًا أخرى، تختلف عن الشروط التي وضعها، يمكن أن تؤدي إلى الاحتجاج أيضًا[50].

يمكن إيجاز ما سبق بالقول: إن الشروط الضرورية والكافية هي التي تكون قيم انتماء الحالات إليها وإلى النتيجة معًا، كبيرة (الحالات الواقعة في الزاوية العلوية اليمنى). والشروط الضرورية وغير الكافية تكون قيم انتماء الحالات إلى الشروط كبيرة، وإلى النتيجة صغيرة (الحالات الواقعة في الزاوية السفلية اليمنى). والشروط غير الضرورية لكنها كافية أو مفسِّرة تكون قيم انتماء الحالات إلى الشروط السببية صغيرة، وإلى النتيجة كبيرة (الحالات الواقعة في الزاوية العلوية اليسرى). وأخيرًا الشروط غير الضرورية وغير الكافية فقيم انتماء الحالات إلى الشروط السببية والنتيجة منخفضة (الحالات الواقعة في الزاوية السفلية اليسرى). وتتباين درجات الضرورة والكفاية بين هذه القيم الأربع - أي القيم التامة لانتماء الحالة إلى الشروط السببية والنتيجة معًا، أو إلى أحدهما أو اللاانتماء إلى كليهما معًا - فتأخذ قيمًا غير نهائية من الانتماء ضمن المجال [0،1].

في سياق تحليل الشروط الضرورية والكافية، يبرز سؤال أساس: هل يتعيَّن على الباحث اختبار جميع هذه الشروط لنتيجة محدَّدة، أم أن ثمة ما يحدد الشروط التي يجري اختبارها من دون غيرها؟

الإجابة عن هذا السؤال تتعلق بدرجة التغطية أو الإشباع (Coverage).

4- اختبار درجة التغطية أو الإشباع

تعني درجة التغطية حساب الأهمية التجريبية لمجموعة فرعية، قياسًا على المجموعة الضبابية التي تتقاطع معها؛ أو هي قياس للتداخل بين المجموعتين ومحاولة معرفة إلى أيِّ مدى تغطي أو تتضمن المجموعة الفرعية الضبابية مجموعة ضبابية أكبر منها أو متداخلة معها؟ وتُحسَب هذه الأهمية للشرط الضروري وفقًا للمعادلة [4-3] وللشرط الكافي وفقًا للمعادلة [4-4][51]:

(50) Ragin, *Redesigning Social Inquiry*, pp. 110-111.

(51) المصدر نفسه، ص 57، 61 و101.

المعادلة [3-4]: $Coverage\ (y_i \leq x_i) = \Sigma\ [\min(x_i,y_i)]\ /\Sigma(x_i)$

المعادلة [4-4]: $Coverage\ (x_i \leq y_i) = \Sigma\ [\min(x_i,y_i)]\ /\Sigma(y_i)$

في المعادلة [3-4] يستهدف الباحث معرفة مدى تغطية أو إشباع مجموعة «النتيجة» - المتضمِّنة للحالات الواقعية أو التجريبية المدروسة - لمجموعة «الشروط السببية الضرورية». ففي حال كانت الشروط السببية ضرورية، أي نجح اختبار توافق الضرورة، يجري تقويم عدد الحالات التجريبية التي تكون فيها هذه الشروط ضرورية. وتُحسَب، وفق المعادلة [3-4]، من حاصل قسمة مجموع الحدود الدنيا لقيم انتماء كل حالة من الحالات التجريبية إلى مجموعتي الشروط السببية الضرورية والنتيجة، على مجموع قيم انتماء تلك الحالات إلى هذه الشروط. أما في المعادلة [4-4] فيستهدف الباحث معرفة مدى تغطية أو إشباع مجموعة «الشروط السببية الكافية» - المتضمِّنة للحالات الواقعية أو التجريبية المدروسة - لمجموعة «النتيجة». ففي حال كانت الشروط السببية كافية، أي نجح اختبار توافق الكفاية، يجري تقويم عدد الحالات التي تكون فيها هذه الشروط كافية. وتُحسَب وفق المعادلة [4-4] من حاصل قسمة مجموع الحدود الدنيا لقيم انتماء كل حالة من الحالات التجريبية إلى مجموعتي النتيجة والشروط السببية الكافية، على مجموع قيم انتماء تلك الحالات إلى النتيجة.

بناء على ذلك، ينصبُّ الهدف، عند اختبار تغطية الضرورة على تقويم درجة توافق النتيجة بوصفها مجموعة فرعية من مجموعة الشروط السببية. وفي مثل هذه الحالة من المتوقع أن تكون قيم انتماء معظم الحالات، إن لم تكن كلها، إلى النتيجة أقل من قيم انتمائها إلى الشروط المقابلة أو مساوية لها. فإذا كانت قيمة التغطية صغيرة، أي عندما لا تغطي مجموعة النتيجة إلا جزءًا صغيرًا من مجموعة الشروط السببية، فهذا يدل من الناحية النظرية على أن الأثر الذي يتركه الشرط الضروري على النتيجة محدودٌ ويمكن إهماله، ويدلُّ من الناحية التجريبية على أن هذه الشروط الضرورية لا معنى لها لتلك الحالة أو أنها غير وثيقة الصلة بالحالات المدروسة. أما إذا كانت قيمة التغطية كبيرة، أي إذا كانت مجموعة النتيجة تغطي جانبًا كبيرًا من مجموعة الشروط، فيدلُّ من الناحية النظرية على الأثر الكبير الذي

تتركه الشروط الضرورية على النتيجة، ويدلُّ من الناحية التجريبية على أن هذه الشروط ملائمة جدًا للحالات المدروسة [52].

أما في حال اختبار تغطية الكفاية؛ أي درجة تغطية الشروط السببية الكافية لمجموعة النتيجة، فلا يجري حسابها لجميع الشروط، وإنما تُحسَب التغطية للشروط التي تحقق علاقة التوافق مع النتيجة فحسب. وبهذا، الغرض من حساب تغطية الكفاية هو تقويم مجال الشروط قياسًا على النتيجة. فإذا كانت التغطية منخفضة فهذا يدل على أن الشروط الكافية لا تغطي الكثير من الحالات التجريبية، لكنها مهمة، من الناحية النظرية، لتقويم الطرائق البديلة التي أدت إلى النتيجة نفسها. أما إذا كانت التغطية مرتفعة فيعني أن قيم انتماء معظم الحالات، إن لم يكن كلها، إلى الشروط السببية، أقل من قيم انتمائها إلى النتيجة المقابلة أو مساوية لها[53].

سواء تعلق الأمر بالتوافق أم بالتغطية، فاختيار الحدِّ الأدنى لكل منهما مسألة تعتمد على السياق وعلى الغرض من المجموعة الضبابية التي صممت. وبما أن التوافق الأكبر يقابله تغطية أقل والعكس بالعكس، فالأفضل، من وجهة نظر راغن في ما يتعلق بالتوافق هو الأقرب إلى التام، وفي ما يتعلق بالتغطية هو الأكبر في حال كانت النتيجة ذاتها. لذا، فهو ينصح بأن يجري اختبار الضرورة في البداية، ثم الكفاية، وأن يجري اختبار التوافق للضرورة ثم للكفاية. فإذا كان التوافق كبيرًا عندها تُختبر التغطية للضرورة والكفاية. لكن، إذا كانت قيمة التوافق بين الشروط السببية والنتيجة للمجموعة الأولى مساوية (0,90) وقيمة التغطية مساوية (0,71) وقيمة التوافق للمجموعة الثانية مساوية (0,93) وقيمة التغطية مساوية (0,53)، عندها تُختار المجموعة الأولى الأكثر تغطية لأنها تشمل عددًا أكبر من الحالات التجريبية، ويتخلى عن التوافق الأكبر الذي تحققه المجموعة الثانية وفقًا للغرض من الدراسة. فمجموعة الدول «المتقدمة باعتدال، على الأقل» أكثر شمولًا من مجموعة الدول «المتقدمة»[54].

---

(52) Ragin, *Redesigning Social Inquiry*, p. 61.

(53) المصدر نفسه، ص 55 و58-59.

(54) المصدر نفسه، ص 58-59، 101 و119.

بناء عليه، ما يحدِّد اختيار الشروط الضرورية والكافية هو انتماء الحالات التجريبية إلى التكوينات المنطقية النظرية لها أو عدم انتمائها. الأمر الذي يعني أن الدليل التجريبي ربما يؤيِّد المناقشة النظرية أو ينفيها. وهذا يقتضي اختبار انتماء تلك الحالات إلى التكوينات الممكنة منطقيًا.

5- اختبار انتماء الحالات التجريبية إلى التكوينات الممكنة منطقيًا

الخطوة الأخيرة في تحليل الضرورة والكفاية هي اختبار قيم انتماء الحالات التجريبية المدروسة إلى التكوينات الممكنة، من الناحية المنطقية أو النظرية. فبعد تعيين الشروط السببية التي تشترك في النتيجة ذاتها، أو التي تختلف في نتيجتها، بوصفها مجموعات ضبابية معايرَة، يتركز اهتمام الباحث على حساب قيم انتماء كل حالة من تلك الحالات إلى التكوينات الممكنة، نظريًا أو منطقيًا، للشروط السببية، التي تعطى بالعلاقة (2^k)، حيث (k) هو عدد الشروط السببية. لكن، مراعاة المجموعات الضبابية للتنوع في أسباب الظواهر الإنسانية والاجتماعية، ولإمكان أن يكون لحالة فردية مجموعة مختلفة من الأسباب، يجعل من الممكن تكوين مجموعات منوعة تحوي شرطًا أو شروطًا مشتركة، وفق العلاقة (3^k-1). فإذا كان عدد الشروط أربعة، فعدد التكوينات الممكنة منطقيًا ($2^2=16$) وعدد المجموعات الممكن تكوينها منها ($3^4-1=80$). ومن ثم يجري تقويم توزع الحالات بين هذه المجموعات بوصفها نماذج مختلفة من تشكل الشروط السببية. وهذا ما يسمح باختبار الطرائق المختلفة التي ربما تفضي إلى النتيجة ذاتها واختبار كفاية الشروط السببية المجتمعة[55].

إذا كانت الشروط التي اختيرت بوصفها مؤشرات «للتنمية البشرية» هي (التنمية الاقتصادية (X)، ومستوى التعليم (Y)، والصحة (Z))، عندها تكون المجموعات التي يمكن تكوينها من هذه الشروط وفق العلاقة السابقة؛ أي ($3^3-1=26$)، استنادًا إلى عمليات النفي والتقاطع والاجتماع الضبابي هي:

(55) Ragin, *Fuzzy-Set Social Science*, p. 127.

X AND Y AND Z OR ~X AND Y AND Z OR ~X AND ~Y AND Z
OR ~X AND Y AND ~Z OR X AND ~Y AND ~Z OR X AND ~Y AND Z
ORX AND Y AND ~Z OR ~X AND ~Y AND ~Z OR X AND Y
ORX AND ~Y OR X AND Z OR X AND ~Z
OR~X AND Y OR ~X AND Z OR ~X AND ~Y
OR~X AND ~Z OR Y AND Z OR Y AND ~Z
OR~Y AND Z OR ~Y AND ~Z OR ~X
OR~Y OR ~Z OR X
ORY OR Z

عندها، يمكن مراعاة اختلاف توزع الحالات التجريبية وفق قيم انتمائها إلى كل مجموعة متحدة من الشروط السببية. ثم يجري تقويم الضرورة والكفاية للتكوينات المختلفة للشروط السببية التي تفضي إلى النتيجة ذاتها أو الطرائق الأخرى التي ربما تفضي إلى تلك النتيجة. وبالطبع، المجموعات ذات الشروط الأكثر هي الأكثر تعقيدًا والأقل شمولًا، وذات الشروط الأقل هي الأقل تعقيدًا والأكثر شمولًا.

غير أن اختبار المجموعات التي تحوي شرطًا سببيًا واحدًا لا يعني دراسة الأثر المستقل لهذا الشرط على النتيجة، كما هو الحال في التحليل الارتباطي للمتغيرات المستقلة المتخارجة، وإنما هو عرض لبعض النماذج السببية بصورة أقل تعقيدًا وأكثر شمولًا، كما أن المجموعات الأكثر تعقيدًا تسمح بفحص التداخل بين الشروط السببية المختلفة للظاهرة الإنسانية والاجتماعية. ذلك أن اتحاد شروط مختلفة تعمل معًا هو العامل المهم هنا. فالمجموعات المختلفة المتحدة من الأسباب ربما تفضي إلى النتيجة ذاتها، كما أن المجموعات المتماثلة من الأسباب ربما تفضي إلى نتيجة متناقضة[56].

---

(56) John Downey and James Stanyer, «Comparative Media Analysis: Why Some Fuzzy Thinking Might Help. Applying Fuzzy set Qualitative Comparative Analysis to the Personalization of Mediated Political Communication,» *European Journal of Communication*, vol. 25, no. 4 (2010), pp. 334-335 and 339.

ثمة عدد من الدراسات استخدم الباحثون فيه مزايا المجموعة الضبابية والعمليات المُختلَف عليها لتحليل الضرورة والكفاية في الظواهر الإنسانية والاجتماعية. إذ استخدمت ميتيليتس هذه العمليات في دراسة تحول سلوك الجماعات المتمردة إلى ممارسة العنف ضد المدنيين الحاضنين لها. فتناولت ثلاثة نماذج مختلفة من الجماعات المتمردة، في تركيا والسودان وكولومبيا، من خلال التركيز على ثلاث فترات تاريخية مفصلية مرت بها كل واحدة منها، فغيرت تعاملها تجاه المدنيين. وحاولت الكشف عن أسباب التحوُّل في هذا السلوك؛ أي معرفة الأسباب الضرورية و/ أو الكافية التي أدت إلى تلك النتيجة، وهي «العنف». وهذه الشروط هي (وجود جماعة منافسة ناشطة والحاجة إلى موارد واستخدام موارد غير مشروعة). ففحصت ضرورة هذه الشروط السببية وكفايتها وتوافقها مع النتيجة. ففي النماذج الثلاثة بمراحلها المختلفة شكلت النتيجة - «العنف» - مجموعة فرعية من مجموعة الشرط السببي - «جماعة منافسة ناشطة» - ومتوافقة معها توافقًا تامًا؛ أي جميع قيم انتماء الحالات إلى مجموعة «العنف» مساوية لقيم انتمائها إلى مجموعة «جماعة منافسة ناشطة»، بينما كانت مجموعة «الحاجة إلى الموارد» تمثل مجموعة فرعية من مجموعة «العنف» ومتوافقة معها بقيمة (0,81). وانتهت إلى أن «الحاجة إلى الموارد»، على الأغلب، شرط كافٍ أو مفسِّر؛ لأن نقص الموارد لم يؤثر وحده في تحول سلوك الجماعات نحو العنف، وإنما هم أكثر ميلًا إلى الاتفاق مع المدنيين عندما تكون الموارد متاحة لهم، ولا وجود لجماعة منافسة ناشطة. لكن، عندما يتحدُّ هذا الشرط مع وجود «جماعة منافسة نشطة»، بوصفه شرطًا ضروريًا، تنحو الجماعات في سلوكها نحو العنف[57]. إذ يتزايد العنف تجاه المدنيين كلما زادت شدة التنافس الناشط أو الفاعل، ويقلُّ هذا العنف عندما لا تواجه تلك الجماعات مثل هذا التنافس، بصرف النظر عن نقص الموارد أو توافرها. وبالتالي، وجود تنافس ناشط وحاجة إلى الموارد شرطان حاسمان، على الأرجح، لسلوك العنف.

من الواضح أن تحليل الضرورة والكفاية، وفقًا لعلاقات المجموعات

---

(57) Claire M. Metelits, «The Consequences of Rivalry: Explaining Insurgent Violence Using Fuzzy Sets,» *Political Research Quarterly*, vol. 62, no. 4 (December 2009), pp. 673-684.

الفرعية الضبابية، يسمح من جهة بتحليل نماذج مختلفة من حالات الظاهرة نفسها، أي نماذج من الشروط السببية لتلك الحالات؛ ويمكّن، من جهة أخرى، من تمثيل التغير الكيفي بين النماذج المختلفة (اختلاف في النوع؛ أي إن الشروط السببية التي تنتمي إليها الحالات المشتركة في النتيجة، متغايرة)، والمقابل للتغير الأقصى بين درجتي الانتماء واللاانتماء للشرط أو الشروط السببية والنتيجة؛ وتمثيل التغير الكمي الطفيف ضمن الأنموذج ذاته، المقابل لتغير الأجزاء الطفيفة من درجة الانتماء للشرط أو الشروط السببية (اختلاف في الدرجة؛ أي إن انتماء الحالات إلى الشروط السببية تتغير تغيرات طفيفة). فالعلاقات النظرية للمجموعة الضبابية مسألة مركزية في تحليل الصيغ الكلامية، وصلة الوصل بين المناقشة النظرية والتحليل التجريبي. وبالتالي، يتعين على المشتغلين بالعلوم الإنسانية والاجتماعية ألا يتجاهلوها[58].

غير أن هذا التحليل للضرورة والكفاية، وإن كان أكثر إتقانًا من التحليل الترابطي، يبقى محكومًا بعدد من القيود في الكثير من الحالات شديدة التعقيد في العلوم الإنسانية والاجتماعية. إذ يصعب، بدرجة أو بأخرى، الكشف عن الأسباب المؤثرة في الظواهر الإنسانية والاجتماعية؛ لأنه لو أمكن ذلك لتعذّر تمثيلها بمنحنيات بيانية وكتابة معادلات تغيرها. فالقول إن هذه الأسباب أو تلك هي ما يؤثر في هذه الظاهرة أو تلك هو تضييق لحرية الإنسان واختزال وتبسيط للعلاقات البشرية المعقدة. ومع ذلك، فالمزايا المتعددة لمنطق الضبابية - التي يفتقر إليها المنهج الإحصائي الارتباطي - ومهارة تقنياته في معالجة الضبابية الكامنة في الظواهر الإنسانية والاجتماعية، لا تمنع من ضرورة الاعتراف بحدود تطبيقه في العلوم الإنسانية والاجتماعية، بصورة خاصة، انطلاقًا من رفض الرؤية الشمولية من جهة، ومن خصوصية تلك العلوم من جهة أخرى. والمشتغلون بمنطق الضبابية لا يدّعون أنه ملائم للأوضاع كلها، وإنما يؤكدون أنه أكثر ملاءمة للحالات المعقدة من المنهج الإحصائي. كما أن أدواته توفر خيارات أمام صناع القرار في بيئة ضبابية.

---

(58) Ragin, *Fuzzy-Set Social Science*, p. 11.

خامسًا: آلية اتخاذ القرار في بيئة ضبابية

توظَّف أدوات منطق الضبابية في اتخاذ القرار في بيئة ضبابية. ويعتمد ذلك على انتقاء - من خيارات عدة يقدمها خبراء المجال - أكثر ملاءمة للموقف الراهن. ويزداد الأمر صعوبة كلما كانت درجة التعقيد أكبر أو المعلومات غير مكتملة أو غير محدَّدة بدقة. وما يميز الميادين الإنسانية والاجتماعية بصورة خاصة، هو الأثر الذي تتركه العوامل البشرية بدرجة كبيرة أم صغيرة، في تقويم الخبراء المقترح أم في القرار النهائي الذي يتخذه صانع القرار. ويقدم خبراء المجال في العلوم الإنسانية والاجتماعية مقترحاتهم لصنّاع القرار وفقًا للغرض الذي يحدده هؤلاء لهم والموضوع الذي يتطلب اتخاذ القرار في شأنه. ويتطلّب تحليل الظواهر الإنسانية والاجتماعية الأكثر تعقيدًا جهد خبراء من ميادين متعددة، ربما تكون آراؤهم متقاربة أو متعارضة بدرجة كبيرة أو صغيرة. وأيًا تكن آراؤهم، على صانع القرار الدمج أو التوفيق بينها من أجل الوصول إلى القرار النهائي.

من أجل ذلك، يستخدم الخبراء أدوات منطق الضبابية، أي قواعد الاستدلال الضبابي للربط بين متغيرات الدخل ومتغيرات الخرج بوصفها مجموعات ضبابية ممثِّلة للمفاهيم المرتبطة بالظاهرة المدروسة؛ والعمليات الأساس في المجموعات الضبابية لتفعيل القواعد وثيقة الصلة بحالة محدَّدة، الأمر الذي يمكِّنهم من تقديم النصح والمشورة وتقويم تلك الحالة أو استشراف الخطط المستقبلية. كما يستخدمون ما يسمى بفك التضبيب (Defuzzification) بوصفه القرار النهائي الذي يُنصح باتخاذه أو يتوجب ذلك. فكيف يمكن الوصول إلى القرار الأكثر ملاءمة في موقف تحكمه أحوال معقدة وغامضة؟

يمكِّن منطق الضبابية من تحليل آلية اتخاذ القرار في بيئة ضبابية لأن خبراء المجال يقومون بتصميم المجموعات الضبابية وبناء قواعد الاستدلال الضبابي، ومن ثم فك التضبيب، وفقًا للغرض من الدراسة. ويركز هذا المبحث على المرحلة الأخيرة من خطوات الاستدلال الضبابي[59]، أي فك التضبيب، في حال

(59) تجنبًا للتكرار، لن نذكر تقنيات تصميم المجموعات الضبابية الممثلة للظواهر الإنسانية =

التقارب بين آراء الخبراء، وفي حال تناقضها بدرجة أو بأخرى. ويستعين الخبراء بطريقتين أساسيتين لتقديم بدائل لصنّاع القرار. تعتمد أولاهما، على عملية التقاطع الضبابي؛ وثانيتهما، على المعدّل الضبابي (Fuzzy Average). ويمكن استخدام إحدى الطريقتين أو كلتيهما معًا للوصول إلى القرار النهائي. فما فوائد كل من هاتين الطريقتين؟ وما أوجه الاختلاف بينهما؟

1- طريقة التقاطع الضبابي

تَنتُج البدائل أو الخيارات الـتي يقترحها خبراء المجال وفقًا لطريقة التقاطع الضبابي من «تقاطع مجموعتي الأهداف والعقبات بوصفهما مجموعات ضبابية»[60]. واستنادًا إلى عملية التقاطع هذه، تمثّل مجموعة القرار المجموعة الناتجة من الحدّ الأدنى لقيم الانتماء إلى المجموعتين الضبابيتين. فإذا كانت مجموعة الأهداف (g) ومجموعة العقبات أو القيود المفروضة (c)، عندها تنجم مجموعة القرار (D) عن التقاطع الضبابي بين هاتين المجموعتين. وتُحسَب قيم الانتماء الممثلة للبدائل المتاحة (A_{alt}) وفق تابع الانتماء للقرار (μ_D)، من المعادلتين [4-5] و[4-6]، كما هو موضح في الشكل (4-5)[61]:

المعادلة [4-5]: $D=g\cap c=\{(x,\mu_D(x)\,|\,x\in[d1,d2],\mu_D(x)\in[0,h\leq 1]\}$

المعادلة [4-6]: $\mu_D(x)=\min(\mu_g(x),\mu_c(x)),\qquad x\in[d1,d2]\subset A_{alt}$

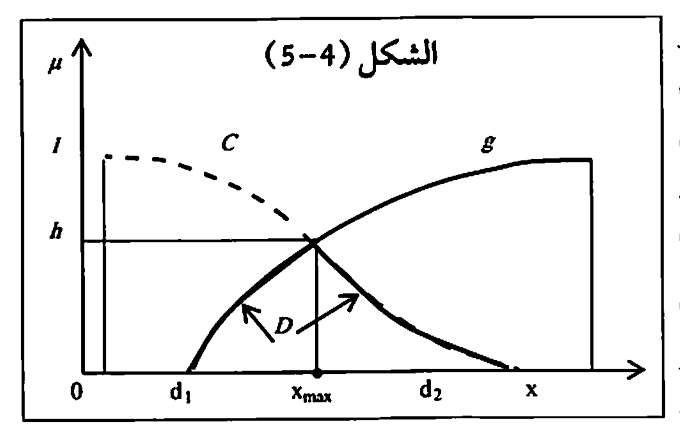
يلاحَظ من الشكل (4-5) أن المنحنى البياني للهدف (g)، متزايد باطّراد؛ لأن الغاية تنصب على تحقيق أقصى حدٍّ ممكن من الأهداف، وفي المقابل، يتناقص باطّراد أيضًا المنحنى البياني للعقبات (c)؛ لأن الغاية تنصب على تذليل العقبات وتقليصها إلى مستواها الأدنى، قدر الإمكان، أو أخذ القيود التي تفرضها الظاهرة المدروسة بالحسبان ومراعاتها.

= والاجتماعية وتوابع الانتماء وقواعد الاستدلال الضبابي؛ لأنها لا تختلف من الناحية التقانية عنها في التحكم الآلي؛ فالاختلاف بينهما ينحصر في الخصائص والدلالات التي تأخذها. انظر: المبحث الثالث من هذا الفصل، إضافة إلى الفصل الثالث.

(60) Bojadziev and Bojadziev, p. 92.

(61) المصدر نفسه، ص 92-93.

يمثل القرار النهائي قيمة انتماء واحدة في كل موقف، بوصفها القيمة المقابلة لفك التضبيب. وبما أن صناع القرار يأملون بتحقيق أكبر قدر ممكن من الأهداف



وتذليل أكبر قدر ممكن من العقبات، ضمن البدائل المتاحة التي يمثلها المجال [d1.d2]، فإنهم يختارون القيمة المقابلة لأعلى حدٍّ ممكن لقيم الانتماء إلى مجموعة القرار، ضمن هذا المجال، وفق المعادلة [4-7][62]:

المعادلة [4-7]: $x_{max}= \{x \mid max(\mu_D (x))=max(min(\mu_g (x),\mu_c (x))\}$

فالقرار النهائي (X_{max}) هو القيمة المقابلة للانتماء الأعظمي (h) إلى تقاطع المجموعتين الضبابيتين للأهداف والعقبات.

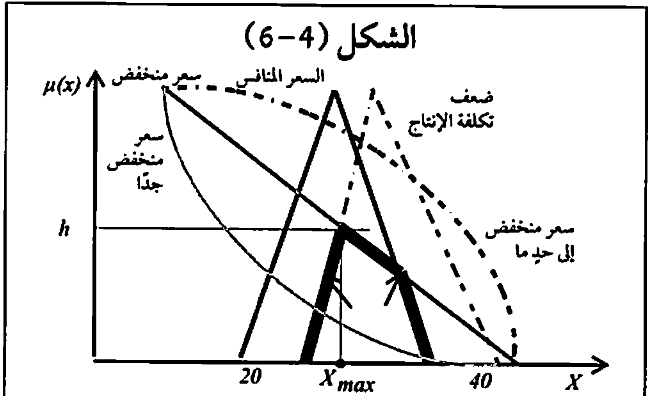
يمكن أن تستخدم هذه الطريقة في الكثير من المجالات للمفاضلة بين البدائل المتاحة، ومنها اختيار موظفين جدد في شركة وفق كفاءات محدَّدة ومعايير تضعها الشركة للمتقدمين، أو اختيار الطلاب في مفاضلة جامعية وفقًا لمعدلاتهم في مواد محدَّدة، أو تسعير منتوج جديد يراعي الأسعار المنافسة وتكاليف الإنتاج، وما يترتب عنه من فوائد أو مخاطر للشركة المنتجة، أو التخطيط للمشروعات الاستثمارية، أو آلية وضع الميزانية، أو التنبؤ بمخاطر وقوع مشكلات محتملة، مثل انتشار الأوبئة أو الكوارث الطبيعية ... إلخ[63]. وتستخدم كلها قواعد الاستدلال الضبابي «إذا... فإن». ففي حالة تسعير المنتوج

(62) المصدر نفسه، ص 93.

(63) ثمة العديد من الأمثلة التي وضعها بوجادزيف على امتداد صفحات كتابه. للمزيد: المصدر نفسه. ويمكن العودة أيضًا إلى بدر الدين عرفة: Badredine Arfi, *Linguistic Fuzzy Logic Methods in Social Sciences* (Berlin, Germany: Springer, 2010), pp. 43-60.

يمكن أن تكون إحدى قواعد الاستدلال: إذا كان السعر المنافس «منخفضًا» وتكلفة الإنتاج «مرتفعة إلى حدٍّ ما»، فإن السعر النهائي للمنتوج يجب أن يكون «منخفضًا إلى حدٍّ ما». وفي حالة التنبؤ بمشكلة يمكن أن تكون إحدى قواعد الاستدلال: إذا كانت المشكلة المحتملة «خطرة»، فالاستجابة يجب أن تكون «منع» حدوثها ... إلخ.

من مزايا هذه الطريقة أن أكثر المجموعات الممثِّلة للأهداف والعقبات تساهم في البدائل أو الخيارات الممكنة، لكن لبعضها أهمية أكثر من غيرها في القرار النهائي وفقًا لأهمية الأهداف التي ترغب الشركة أو المؤسسة في تحقيقها، ولخطورة العقبات التي تحاول تجنبها. ومن عيوبها ضرورة تقاطع هذه المجموعات كلها، بدرجة أو بأخرى. ففي تسعير منتوج جديد - الذي يتطلَّب جهد خبراء في المال والتسويق والبيع والإدارة ... إلخ - يتَّفق الخبراء، إلى حدٍّ بعيد، على ضرورة أخذ الأسعار المنافسة وتكاليف الإنتاج في الاعتبار، لكنهم يختلفون في الاستراتيجية المتبعة. فبينما يرى بعضهم أن تكاليف الإنتاج هي الأهم في تحديد السعر النهائي للمنتوج، يرى آخرون أن الأكثر أهمية هو السعر المنافس؛ أي إن السعر النهائي يحدد تكاليف الإنتاج، ويضاف هامش ربح في الحالتين[64].

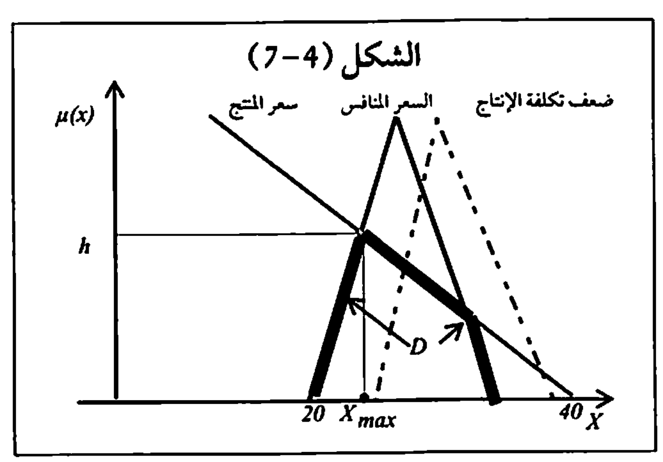


الشكل (6-4)

في الشكل (6-4) الموافق للاستراتيجية الأولى، يساهم السعر المنافس في الخيارات البديلة، في حالتي السعر المنخفض والمنخفض جدًا، لكنه لا يساهم في القرار النهائي الذي يحدِّده ضعف تكلفة الإنتاج. بينما يوافق الشكل (7-4) الاستراتيجية الثانية التي يعتقد مؤيدوها أن

---

(64) Bojadziev and Bojadziev, pp. 104-110.



السعر المنافس هو الأهم في القرار النهائي للتسعير لأن الزبائن لا يكترثون لتكلفة المنتوج[65].

غير أن مدى تداخل المجموعات الضبابية مع بعضها، يختلف وفقًا للهدف النهائي المراد تحقيقه، ما يجعل طريقة التقاطع الضبابي غير ملائمة في الحالات كلها. لذا، يلجأ الخبراء إلى الطريقة الثانية؛ أي المعدَّل الضبابي، ليتفادوا هذا العيب. فكيف تُستَخدم هذه الطريقة؟

2- طريقة المعدَّل الضبابي

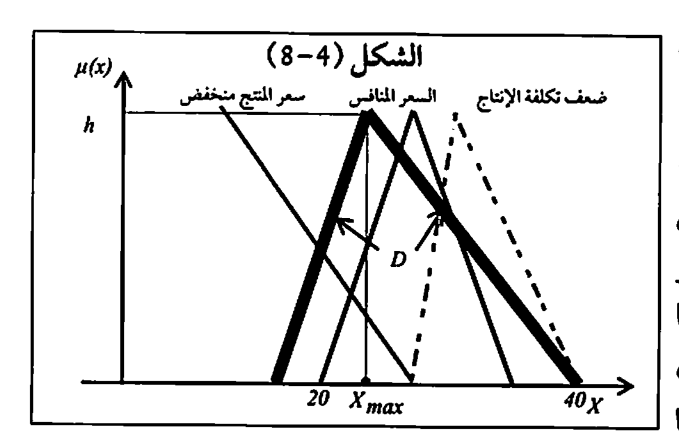
تمثل مجموعة القرار أو البدائل، وفقًا لطريقة المعَّدل الضبابي، معدَّل مجموعتي الأهداف والعقبات، أي معدَّل الأعداد الضبابية (A_{ave}) لهاتين المجموعتين. فإذا كانت مجموعة الأهداف (g) ومجموعة العقبات (c)، فلمجموعة القرار (D)، أو البدائل المتاحة، المعادلة [4-8]، ويوضحها الشكل (4-8)[66]:

المعادلة [4-8]: $D=A_{ave}=\frac{G+C}{2}=\frac{(a_{1g},a_{Mg},a_{2g})+(a_{1c},a_{Mc},a_{2c})}{2}$

حيث (a_{1g},a_{Mg},a_{2g})، هي المجموعة الضبابية للأهداف؛ و(a_{1c},a_{Mc},a_{2c})، هي المجموعة الضبابية للعقبات تمثِّلهما أعداد ضبابية. ويُظهِر الشكل (4-8) في أنموذج تسعير منتوج جديد، أن الغاية هي خفض سعر المنتوج أكثر مما هو عليه في الشكلين (4-6) و(4-7). ويمكن أن تُكتَب مجموعة «سعر المنتوج» بطريقة العدد الضبابي على النحو:(10، 10، 25)، حيث: (a_{1g}=10, a_{mg}=10, a_{2g}=25)، ومجموعة «ضعف

(65) المصدر نفسه، ص 104-110.

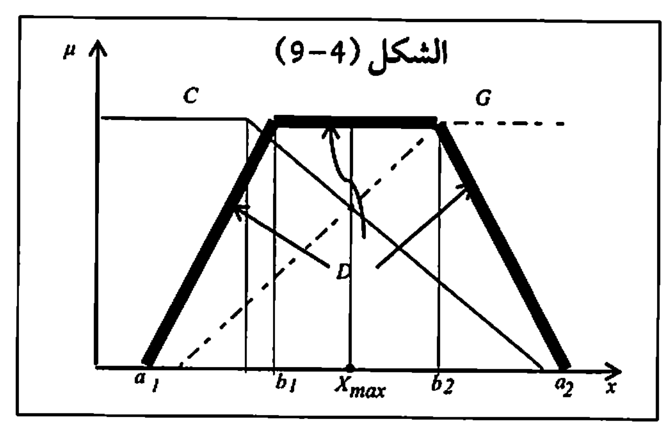
(66) المصدر نفسه، ص 112.



الشكل (4-8)

تكاليف الإنتاج» (25، 30، 40)، حيث: $(a_{1c}=25, a_{mc}=30, a_{2c}=40)$. ومع أن هاتين المجموعتين غير متداخلتين، فكلتاهما ساهمت في البدائل، وفي القرار النهائي أيضًا بوصفه القيمة الموافقة لأعلى درجة انتماء إلى مجموعة البدائل، إذا كان لمجموعة القرار شكل مثلثي - الشكل (4-8) - ومعدل منتصف المجال [b1,b2]؛ أي $\frac{(b_1+b_2)}{2}$ بوصفهما تقابلان أعلى قيم انتماء إلى المجموعة ذاتها، إذا كان لمجموعة القرار شكل شبه منحرف - (الشكل (4-9))[67].

من الواضح أن هذه الطريقة توسِّع البدائل المتاحة لكونها تأخذ معدل الأعداد الضبابية لكل المجموعات المقابلة للعقبات والأهداف، لكنها ربما تزيد صعوبة اختيار القرار النهائي. وبالطبع ليس ثمة فصل تام بين الطريقتين، وإنما يمكن الخبير أن يستعين بإحداهما أو كلتيهما، وفقًا للهدف النهائي. ويمكن المقارنة بينهما واختيار الطريقة الأكثر ملاءمة للهدف.



الشكل (4-9)

لكن ما تتميز به هذه الطريقة هو مراعاتها أهمية بعض الخصائص في حالات معينة، أكثر من غيرها، استنادًا إلى الغرض المراد تحقيقه، وأهمية بعض آراء الخبراء أكثر

(67) المصدر نفسه، ص 111.

من آراء غيرهم، استنادًا إلى درجة الخبرة أو عمقها. كما أنها تمكِّن من تجميع آراء الخبراء المتوافقة أو المتعارضة، بدرجة أو بأخرى. ويتم ذلك بتثقيل مجموعة القرار أو البدائل (D)، في حال كانت درجة أهمية الهدف (w_1) أكبر من درجة أهمية العقبة (w_2)، أو بالعكس. ويعطى لكل منهما قيمة التثقيل (r_i) و(r_j)، على التوالي، تبدأ بالأقل أهمية (1) وصولًا إلى الأكثر أهمية (10). فتصبح معادلة القرار [4-9][68]:

المعادلة [4-9]: $$D = A^{w}_{ave} = w_1 G + w_2 C \mid w_1 = \frac{r_1}{\sum ri} , w_2 = \frac{r_2}{\sum rj} \mid$$

حيث (w_1) هي درجة الأهمية التي تُعطى لهدف، وتحسب من أهميته قياسًا على الأهداف الأخرى. و(w_2) درجة الأهمية التي تُعطى لعقبة قياسًا على عقبات أخرى. وينطبق هذا على الأهمية التي تُعطى لخبير على آخر[69]، كما يمكن تطبيقه على درجة ضرورة الشروط أو درجة كفايتها لنتيجة محدَّدة. فأهمية الشرط تزداد بزيادة درجة ضرورته أو درجة كفايته، وتقل بانخفاضهما.

هذا يدلُّ على أن الهدف المراد تحقيقه يحدِّد أيضًا قواعد الاستدلال التي يجري تفعيلها من أجل الوصول إلى البدائل الممكنة. إذ لا تُستخدَم القواعد كلها التي تُبنى، في النماذج كلها، وإنما لكل أنموذج ولكل هدف قواعد تختلف، بدرجة أو بأخرى. لذا، ما يفعله خبراء المجال هو بناء أنموذج يمكن تطبيقه في الحالات المتقاربة، مع إمكان تعديله ليوافق كل حالة على حدة. والغرض من هذا الأنموذج أو البرنامج هو مساعدة غير الخبير الذي يطلب نصيحة أو مشورة في أحد الميادين التخصصية من جهة، وحفظ خبرات منوعة للخبراء من الضياع من جهة ثانية. وفي كل حالة، تكون بعض قواعد الاستدلال الضبابي فاعلة ومتكررة الاستخدام أكثر من غيرها. لكن هذا لا يعني أن الأقل استخدامًا أقلُّ أهمية، وإنما ربما يتعلق ذلك بندرة تكرار المواقف التي تتطلب تطبيقها، وربما تمثل مهارات نادرة وفريدة حققت شهرة لخبير معين. لذا، من المهم الاحتفاظ بهذه القواعد

(68) المصدر نفسه، ص 112-118، و Bantilan, Bantilan and De Castro, p. 107.

(69) لو رتبنا الخبراء وفقًا لخبراتهم، فأعطينا للأول (9) وللثاني (6) وللثالث (5)، عندها تكون درجة أهمية الأول (9/ 20=0.45) والثاني (6/ 20=0.30) والثالث (5/ 20=0.25)، فلو كانت آراؤهم متعارضة، فيكون لرأي الأول أثر أكبر في نتيجة القرار؛ لكونه أكثر أهمية من رأي الآخرين.

وتمييزها من تلك التي ربما تكون خاطئة أو غير دقيقة أو غير مفيدة، والتي يجب حذفها[70].

لكن أهمية النماذج الذكية في منطق الضبابية لا تقتصر على التثقيل فحسب، وإنما تتّسم هذه النماذج أو برامج الذكاء الصنعي التي يستخدمها هذا المنطق بمزايا عدة أيضًا: أولاها مقدرتها على «الاجتهاد» (Heuristics)؛ أي سلوك طرائق غير منهجية لاختيار إحدى الحلول الأكثر ملاءمة، مع إبقاء الفرصة، في الوقت نفسه، للتحوُّل إلى طريقة أخرى في حالة إخفاق الطريقة الأولى. وثانيتها، مقدرتها على اتخاذ القرار في حالة نقص المعطيات أو تضاربها أو حتى تناقضها، وذلك بإجراء محاكمة سريعة لها، واستبعاد ما لا يتوافق مع باقي المعطيات، أو طلب مزيد من المعلومات. وثالثتها، القدرة على التعلم من الأخطاء، ما يؤدي إلى تحسين الأداء. إضافة إلى ميزة التثقيل أو الاستحسان[71].

تضاف هذه المزايا إلى المزايا الكثيرة التي يتسم بها منطق الضبابية في معالجته الضبابية والحالات المعقدة، وتجعله يتفوق على المنهج الإحصائي بدرجة كبيرة. ومع أن الاستحسان، على الأغلب، يُبنَى على تقديرات ذاتية من الخبير لأهمية حوادث نادرة أو خصائص مميزة، وليس على حسابات إحصائية، لكنه يعكس خبرة الخبير في ميدان محدَّد. وهذا انعكاس دقيق، بدرجة كبيرة، لواقع الحياة الإنسانية بصورة عامة[72].

---

(70) انظر: بونيه، ص 137-138 و181.

(71) المصدر نفسه، ص 14-15، 17-18 و139-142.

(72) الخبير «الأكفأ» أكثر أهمية من الأقل كفاءة، و«السرعة العالية» في سيارة السباق أكثر أهمية من عدد مقاعدها، و«سرعة» المعالج في الكمبيوتر أكثر أهمية للمهندس منها إلى من يستخدم الكمبيوتر للطباعة فحسب. وبهذا تختلف الأهمية عن الأولوية، فالأولى يمكن استبدالها في بعض الحالات، بينما لا يمكن ذلك في حالة الأولوية. إذ لا يمكن تعويض خبرة عميقة لأحد الخبراء، مثلما لا يمكن التعويض عن عمل فني فريد، كما لا يمكن أن يُستبدَل بأولوية الأعضاء الدائمين في مجلس الأمن أهمية الأعضاء غير الدائمين. انظر: Yi Cai, Ching-man Au Yeung and Ho-fung Leung, *Fuzzy Computational Ontologies in Contexts: Formal Models of Knowledge Representation with Membership Degree and Typicality of Objects, and their Applications* (Beijing; Heidelberg; New York: Higher Education Press; Springer, 2012), pp. 132-135.

من الواضح أن المشتغلين بمنطق الضبابية، وبالذكاء الصنعي والأنظمة الخبيرة، لا ينصب اهتمامهم على إيجاد حل للمشكلة التي يواجهونها، على طريقة الرياضي الذي يستخدم نمط التفكير الثنائي، أي إما أن يجد حلًا للمسألة، وإما أن يعلن أن لا حلَّ لها، وإنما يحاولون العثور على خيارات أكثر ملاءمة أو بدائل ممكنة في الظرف الراهن، أي إن القرار ربما لا يكون صحيحًا، لكنه أكثر ملاءمة من بين هذه البدائل في لحظة اتخاذ القرار. والكثير من الحالات المعقدة ينطبق عليها ذلك؛ أي لا نقول إن هذا القرار صحيح أو خاطئ، وإنما ملائم أكثر من غيره، للوضع الراهن.

من شأن التعقيد المتزايد في المعطيات، أو في البيانات التي يُطلب من الكمبيوتر معالجتها، أن يفضي إلى ضرورة تصميم كمبيوتر يتمكّن من التعامل مع تلك البيانات المعقدة والضبابية بطبيعتها، أو ضرورة تمكين الآلة من التفكير بطريقة ذكية، أو ربما جعلها أكثر ذكاء من الإنسان. وهذا يتطلّب إعادةَ برمجة الكمبيوتر، أي تغييرًا في نظام Software، وبرمجة الرقاقات التي تزوّد الخبير بالبيانات المطلوبة. وساهمت هذه الرقاقات في توظيف منطق الضبابية في عدد من التطبيقات، وفي الكثير من ميادين العلوم الاجتماعية، منها وضع الخطط المالية أو تحليل البيانات المتعلقة بالمبيعات والأسعار المنافسة في التجارة. وأصبح الكثير من الشركات يستخدم هذه الرقاقات في منتوجاته الاستهلاكية[73].

مع أن أكثر صناع القرار يتطلعون إلى تحقيق نتائج أفضل، بعضهم مقتنع أن للتأخر في اتخاذ هذه القرارات أثرًا سلبيًا في الوصول إلى تطلعاتهم، أي إن الأثر الناجم عن التأخر في اتخاذ القرارات أكثر سلبًا من الأثر الناجم عن اتخاذها في وقت مبكر، أو للنتائج الجيدة أثر أفضل مع اتخاذ القرارات[74]. لكن، في المقابل ربما يحمل التأخر أيضًا أثرًا إيجابيًا في بعض الأوضاع، أي ربما يتطلب الوضع تأنيًا في اتخاذ القرار نظرًا إلى الحاجة إلى المزيد من المعلومات أو الاستشارات.

(73) Bojadziev and Bojadziev, p. 107.

(74) Michael Smithson, «Psychology's Ambivalent View of Uncertainty,» in: Gabriele Bammer and Michael Smithson, eds., *Uncertainty and Risk: Multidisciplinary Perspectives*, Earthscan Risk in Society Series (London; Sterling, VA: Earthscan, 2008), p. 207.

يمكن استخدام أدوات منطق الضبابية، أي المجموعات الضبابية وتوابع الانتماء الضبابية وقواعد الاستدلال الضبابي وفك التضبيب، للاستعلام عن بيانات محدَّدة من قواعد المعطيات لأغراض مختلفة. إذ يمكن الاستعلام من قاعدة البيانات لمشتركي الهاتف لغرض «الإعلان الموجه». فيتم إرسال إعلان عن رحلات الطيران للأشخاص الذين تزيد مبالغ مكالماتهم الدولية على قيم محدَّدة «مرتفعة» أو «متوسطة»[75]، كما يمكن استخدامها في ميدان اللغة بشكل واسع، ومن أهم التطبيقات برامج التحليل اللغوي وبرامج الترجمة الآلية من لغة إلى أخرى وبرامج التعرف إلى الخطوط أو الصور. ولجميعها تطبيقات مهمة بشكل خاص في الميادين الأمنية والجنائية، فضلًا عن ميدان العلاقات الدبلوماسية. وتعتمد البرامج الذكية في تحليل اللغة على الفصل المنهجي بين القواعد النحوية من الناحية اللغوية، ونظم المعالجة في البرنامج[76]. وكان لانتشار برامج الذكاء الصنعي في مجال اللغة بصورة خاصة أثر مهم في تصميم أجهزة الاتصال الحديثة. إذ بُرمجت كي تتمكن من التعرف إلى الأصوات المختلفة والصور، كما تمت برمجة بعض الآلات لتتمكن من الكلام أو تبادل الحديث مع الأشخاص، وإعطاء النصح والمشورة أو وصف علاج لمرض ما ... إلخ.

(75) انظر: كندة أبو قاسم، رياض ضاهر ومضر وينس، «استخدام المنطق الضبابي في لغة الاستعلامات البنيوية (SQL) ومقارنتها مع المنطق الكلاسيكي،» مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية (سلسلة العلوم الهندسية)، السنة 30، العدد 1 (2008)، ص 169-184.

(76) انظر: بونيه، ص 16.

خاتمة

اهتمَّ المنطق على مرِّ تاريخه، الصوري أم الرمزي أم المتعدِّد القيم، بالجانب النظري الصوري، أي بصدق القضايا وكذبها وصحة الاستدلال وفساده أو اهتم باتساق الفكر من دون الاهتمام بالعلاقة بالواقع أو بدرجة التحقق في الواقع. وبهذا، ظلَّ المنطق أقرب إلى كونه أداة رياضية صورية مجردة، تضع القوالب والأطر النظرية وتفرضها على الواقع فرضًا. وعلى الرغم من أهمية هذه الأطر في فهم الترابط بين الأشياء والعلاقة في ما بينها، إلا أنها ظلت بعيدة عن الواقع المفعم بالحياة والغنى والثراء الذي لا يُستنفَد بمفاهيم مجردة، ولا يُختَزَل برموز رياضية، ولا يخضع لقوالب جاهزة. وأوجد هذا التوجه صدى لدى العلم الكلاسيكي الذي سار في المسار ذاته. إذ عمل غاليليو على ترييض الطبيعة واختزالها في معادلات رياضية. وأكدت الهندسة التحليلية الديكارتية والفيزياء النيوتنية التوجه ذاته، فسعت كل منهما إلى تقعيد الطبيعة وقوننتها وفرض قوانين مجردة عليها. فصار كل ما في الطبيعة خاضعًا لحتمية المعادلات الرياضية.

لم يختلف توجه الفلسفة أيضًا عن ذلك، حيث استمرَّت حتى مطلع القرن التاسع عشر تقريبًا في تقديم أنساقٍ ومذاهب فلسفية مجردة، واستعاضت عن الظواهر الحية بما تنتجه من أفكار ومفاهيم مجردة حولها. وبهذا، ظلَّت على وجه الإجمال، بنى صورية مطبوعة بطابع تجريدي، بعيدة عن الظاهرة الحية كما هي في ذاتها.

غير أن تاريخ الفلسفة شهد تطورًا مهمًّا، ابتداءً بالنصف الثاني من القرن

التاسع عشر، عندما بدأت بذور فلسفات الحياة وفلسفات الوجودية بالظهور، مسلَّحة بنظرة جديدة إلى النشاط الفلسفي نفسه، وإلى مضمون هذا النشاط أيضًا. وتجلَّى هذا التطور في ما قدمته تلك الفلسفات من نقد للفلسفات النظرية المجردة. وكان هذا النقد منطلِقًا من الجهد الذي قدمه كيركغارد أولًا من خلال نقده الفلسفة الهيغلية، وما تلاها من جهد فلسفي سار في اتجاه مقارب أو موازٍ لها. وتمثل الجهد الموازي بالمواقف الفلسفية التي عبَّرت عنها فلسفات الحياة، واجتمعت على القول بضرورة أن تكون الفلسفة تعبيرًا عن المضمون الحي للخبرة الإنسانية. وتقاسم هذا الجهد في التيار الحيوي فلاسفة كبار كان على رأسهم دلتاي، في النصف الثاني من القرن التاسع عشر. ثم لم يلبث هذا الاتجاه أن توسَّع عندما ظهرت البرغسونية والفينومنولوجية والبراغماتية.

في موازاة التوجه الفلسفي الجديد اتجه العلم والمنطق أيضًا وجهة تكاد تكون مسايرة لهذا التوجه ذاته. فسعى كل منهما إلى أن يكون صدى للحياة، لا يحصر الظاهرة في قوالب محدَّدة وجاهزة، وإنما يحاول أن يساير حياة الظاهرة ويعكس تحولاتها. وبرز هذا التوجه عند العلماء وفلاسفة العلم، في التحول إلى الفيزياء الكوانتية، والاهتمام بنظريات التعقيد التي تعدُّ صدى لتعقيد الحياة وتنوعها. واستكمالًا لما بدأته الفلسفة ومعها العلم، وتكثيفًا لذلك الجهد الذي انصبَّ في معظمه على الغاية نفسها، جاء منطق الضبابية ليضطلع بهذا الدور ويحاول أن يعكس حياة الظاهرة ويتلوَّن بألوانها. ومن شأن هذا الدور أن يعزز فرصة التعايش مع الحياة ويفتح آفاقًا رحبة وواسعة ويوجد إمكانات جديدة. فمنطق الضبابية لا يقدِّم أطرًا أو قوالب مسبقة وجاهزة، بل يستمد أطره من الحياة ذاتها ويبني نوعًا من علاقة التفاعل المتبادل بين أدواته النظرية والتطبيقية - أي المجموعات الضبابية والمتغيرات اللغوية والعلاقات الضبابية وقواعد الاستدلال الضبابي - ومظاهر الحياة المتعددة. وبذلك يعزز العلاقات البينية الكامنة في الحياة.

لو نظرنا إلى مكوِّنات هذا المنطق لوجدنا أنها تخرج من الحياة وتعود إليها. فالمتغيرات اللغوية ومعها درجات الإمكان هي ذاتها المستخدمة في الحياة اليومية للبشر. وتعكس المجموعات الضبابية الجانب الأكبر من الوجود الواقعي الحي،

إذ يساير التداخلُ بين المجموعات الفرعية الضبابية تداخلَ الحالات الواقعية المختلفة والميادين المتعددة. ويعكس هذا التداخل العلاقات البينية في الحياة، على المستوى الماكروي والميكروي، خصوصًا علاقة الفلسفة بالعلم وعلاقة الحياة بالمنطق. كما يعكس التداخل أيضًا الطبيعة اللااستبعادية لهذا المنطق لكونه لا يفضي إلى استبعاد النقائض لبعضها، بل يؤكد التكامل بين المناحي المتباينة في الحياة على الرغم من تناقضها، ويولي أهمية للغاية بقدر الأهمية التي تحظى بها الوسيلة. ففي الحياة لا تنفصل الغاية عن الوسيلة، ولا تتخذ الغاية أهمية أكثر من أهمية الوسيلة، وإنما تتكاملان وتتَّحدان معًا لتفضيا إلى مزيد من تحرير الإنسان.

كما تعكس قيم الانتماء اللانهائية إلى المجموعات الضبابية الحياة التي يعيشها البشر والمعارف المختلفة التي يمتلكونها. فلكلٍّ فرد درجة ما من الانتماء إلى المجموعة أو الجماعة التي يحيا بين ظهرانيها، بمن فيها المجموعات المتناقضة. لذا، فإن تجاهل الأجزاء اللانهائية من درجة الانتماء أو حصرها في قيمتين فقط، هو طمس التنوع بين البشر والنظر إليهم على أنهم متماثلون. كما يتجلى المعنى الكامن في رفض هذا المنطق لمبدأي الثالث المرفوع وعدم التناقض عبر صراع الفكر البشري ضد الطرائق التقليدية في التفكير، والتطلع إلى تفكير أكثر انفتاحًا وتحررًا يسمح بالتقدم نحو مزيد من الاستكشاف.

أما توابع الانتماء في المجموعات الضبابية فتبدي مرونة في تصنيف الموضوعات، وانسيابية في انتقال قيم الانتماء، مرونة الحياة وديمومتها، وانسياب التغير في الظواهر الحية. وتكشف هذه التوابع عن نوع من الانفتاح الفكري بوصفه طريقة في التفكير ومسارًا في الحياة. وهذا ما يُظهِره في الاتجاه الأفقي امتدادُ المنحنى البياني نحو السالب والموجب، وفي الاتجاه الشاقولي عدم وجود انتماء مطلق ولاانتماء مطلق.

أما العلاقات الضبابية فتعكس أشكال العلاقات المتشابكة في الحياة ودرجات الاختلاف في تلك العلاقات. فالعلاقات الضبابية منوعة ومتداخلة بدرجة ما، تنوَّعَ أشكال العلاقة بين الأفراد والجماعات في الحياة وتشابكها في مستويات عدة. وتكشف قواعد الاستدلال الضبابي عن أشدِّ درجات القرب

من الحياة. إنها مُشتقة من الحياة ذاتها وممثّلة لطريقة التفكير اليومي في معظم الأحيان، إضافة إلى أن طريقة عمل هذه القواعد في النظام الخبير تشبه طريقة العمل المؤسساتي في الحياة. فجميع تلك القواعد فاعلة بدرجة أو أخرى، الأمر الذي يجعل النظام الخبير يسلك سلوكًا انسيابيًا عند التحكم الآلي؛ أي إن تعطُّل أي قاعدة منها أو الخطأ في إحداها لن يتسبَّب بخلل النظام أو توقفه. وهذه الفاعلية في القواعد شأنها شأن فاعلية الأفراد في العمل المؤسساتي المتكامل وتعاونهم لإنجاح المؤسسة، فلا يؤدي غياب أحد الموظفين مهما علت وظيفته إلى توقف العمل، لأن نجاح الفرد من نجاح المؤسسة.

أما التغذية الخلفية الراجعة في النظام الخبير للمتحكم الضبابي، فتقابِل حلقات ضبط الجودة في العمل المؤسساتي. وتسمح هذه الحلقات بمشاركة العاملين في اتخاذ القرارات وتساهم في حلِّ مشكلاتهم، وهذا ما يحسِّن الإنتاجية. فالنظام الخبير في المتحكم الضبابي، كما هو العمل المؤسساتي، يعزز التواصل والتكافؤ على المستوى الواحد، فيفضي إلى التقدم على المستويات المختلفة. وبذلك، تمثِّل التغذية الخلفية الراجعة نوعًا من التنظيم الذاتي في منظومات الحياة المعقدة.

لذا، منطق الضبابية هو منطق التعاون الذي يقتضيه استمرار الحياة، ومنطق التنوع الذي يقتضي أن تقبل الآخر ويقبلك لا أن تلغيه أو يلغيك. فبهذا يعزز منطق الضبابية التعاون والتواصل من خلال تداخل المجموعات الضبابية، وتفاعل قواعد الاستدلال الضبابي بعضها مع بعض، وفاعليتها داخل النظام ككل، ويؤكد التنوع اللامتناهي في الحياة من خلال تنوع توابع الانتماء الضبابي وتنوع تلك القواعد وتعدُّدها.

علاوة على ذلك، تمثلت محاولة التقرب من الحياة في رفض اختزال التنوع فيها والسماح بالتعدد اللانهائي. الأمر الذي يبيّن أن تركيز منطق الضبابية ينصبُّ، بشكل أكبر، على هذا التعدد بوصفه غير قابل للفصل الحاد أو الاختزال إلى اثنين لا ثالث لهما. وبذلك يعكس منطق الضبابية الروح اللاانفصالية المميزة للحياة بوصفها وحدة عضوية، تفكيكها يعني تشويهها، ويعزز الروح اللااختزالية الرافضة اختزال تعدد الحياة وتنوّعها وفرادتها.

إذا كان منطق الضبابية يقترب من الحياة بهذه الدرجة، فإن ذلك لا يعني أن تطبيقه في دراسة الظواهر الإنسانية والاجتماعية - بوصفها ظواهر تخصُّ حياة الأفراد والجماعات - لا يخلو من صعوبات أو عقبات، أو أن تطبيق هذا المنطق، بوصفه منهج بحث في العلوم الإنسانية والاجتماعية يسمح بمعالجة المشكلات كلها المرتبطة بتلك الظواهر. ذلك أن مشكلة المنهج في هذه العلوم مشكلة قديمة متجدِّدة. الأمر الذي أفضى إلى تعدُّد المناهج التي يستخدمها الباحثون في دراسة تلك الظواهر. فبعضهم يرى أن الظواهر الإنسانية والاجتماعية شأنها شأن الظواهر الطبيعية تخضع للملاحظة والتجربة والحساب الكمي الصارم لمتغيراتها، وهم أنصار المنهج الكمي الإحصائي، وبعضٍ آخر ينتقد هذا الرأي انطلاقًا من الاختلاف بين الظواهر في كلا الميدانين، وتعذُّر التعامل مع الظواهر الإنسانية والاجتماعية بالأدوات أو المناهج ذاتها المستخدمة في العلوم الطبيعية أو الرياضية، وهم أنصار المنهج الكيفي.

مع أن منطق الضبابية يدمج بين التقويم الكمي والكيفي، محاولًا تجنُّبَ عيوب كلا المنهجين والمحافظة على مزاياهما، فيدفع بالعلوم الإنسانية والاجتماعية خطوة إلى الأمام. لكن، في الوقت نفسه، تحول خصوصية الظواهر الإنسانية والاجتماعية، وارتباطها بحياة الإنسان وكرامته، دون نجاح التطبيق هنا بمستوى النجاح الذي حقَّقه في ميدان العلوم الطبيعية، خصوصًا في التحكم الآلي. الأمر الذي يضع حدودًا لتطبيق هذا المنطق في دراسة تلك الظواهر، أو يفرض قيودًا على الباحثين لا يمكن تجاهلها، ففي مثل هذا التجاهل مساسًا بالكرامة الإنسانية. ومن تلك الصعوبات:

- إن العوامل التي تدخل في تعيين متغيرات تلك الظواهر تتداخل وتتشابك بطريقة شديدة التعقيد.

- إن المنظومات البشرية، خلافًا للمنظومات الطبيعية، ترتبط، ارتباطًا شديدًا، بتاريخها؛ إذ لا يمكن فصل المنظومة الاجتماعية أو الفرد - من حيث هو منظومة - عن تاريخها. فثمة عوامل تاريخية ودينية وفكرية تتعلق بماضي الظاهرة؛ وعوامل سياسية سابقة وراهنة ومستقبلية، تؤدي الأيديولوجيا فيها دورًا كبيرًا؛ وعوامل

اجتماعية تحدِّدها الأعراف والتقاليد المختلفة في كل مجتمع؛ وعوامل اقتصادية لا ينفصل فيها الاقتصاد المحلي عن الإقليمي أو العالمي، وعوامل نفسية يتشابك فيها ماضي الفرد أو الجماعة مع الحاضر مع المستقبل ... إلخ؛ فضلًا عن تشابك هذه العوامل بعضها مع بعض. وكل ذلك يميِّز الظواهر الإنسانية والاجتماعية ويفضي غالبًا إلى صعوبة كبيرة، وإلى تعذُّر أحيانًا، في معرفة تلك المتغيرات، كما يفضي إلى اختلاف آراء الخبراء عنها.

- ربما لا يكفي تمثيل الكثير من المفاهيم الكيفية المرتبطة بالظواهر الإنسانية والاجتماعية بمجموعات ضبابية. فمنطق الضبابية يستبدل بوحدة القياس مقياسًا بلا وحدة، تمثِّله قيمٌ لا نهائية واقعة بين الصفر والواحد؛ أي إن الخبير يفترض أن أدنى مستوى للمفهوم المراد تمثيله هو الصفر، وأعلى مستوى له هو الواحد، وفقًا للغرض من الدراسة. الأمر الذي يجعل الاختلاف بين آراء الخبراء في تعيين المستويين الأعلى والأدنى كبيرًا، ويجعل هذا التمثيل غير كافٍ تمامًا، ولا يعكس الواقع الفعلي للظاهرة. ذلك أن الواقع أغنى من أن يُختزَل أو يحيط به مثل هذا التمثيل، لكنه يقاربه، لهذه الدرجة أو تلك، ويساعد في فهم هذه الظواهر أفضل من غيره من المناهج الأخرى في الحدود الراهنة للعلم.

- لو أمكن الكشف عن المتغيرات المرتبطة بالظاهرة وأسبابها، فإنه يتعذَّر تمثيلها بمنحنيات بيانية وكتابة معادلات تغيُّرها.

- تمثِّل معايرة المجموعات الضبابية في العلوم الإنسانية والاجتماعية نقطة قوة ونقطة ضعف في الوقت نفسه. فإنْ كانت قوتها تسمح بتعزيز العلاقة بين الجانبين النظري والعملي للخبير وتساعده في صقل مفاهيمه عن الظاهرة، فتكمن نقطة الضعف فيها في أن قلة الخبرة بالظاهرة المدروسة أو عدم وجود خبرات كافية في بعض الظواهر الإنسانية والاجتماعية يجعل المعايير الخارجية غير موثوقة بقدر وثوقية المعايير في العلوم الطبيعية؛ لأنها عرضة لاختلاف الخبرات بين الخبراء. وإذا كان ذلك يسمح بإعطاء أهمية وأولوية للخبرات الأكثر، يصبح الأمر موضع خلاف ونزاع على تحديد تلك الخبرات لأنه مرهون بعوامل بشرية أيضًا تتحكم به.

- يظلُّ اللاتوافق بين آراء الخبراء عاملًا محرِّكًا ومحفزًا على تبادل الخبرات، أو محمودًا ما لم يتحول إلى خلاف أو نزاع.

- مع أن منطق الضبابية يزوِّد صنَّاع القرار بعدد كبير من الخيارات الممكنة، لكن الاختلاف بين الخبراء يجعل هذه الخيارات نفسها محكومة بتلك العوامل.

- تفضي القرارات غير المتوقعة التي ربما يتخذها صُنَّاع القرار أنفسهم على المستوى الماكروي، أو القرار الذي ربما يتخذه الفرد على المستوى الميكروي، بسبب معطيات جديدة عن الوضع الراهن، إلى تغيير ربما يكون جذريًا في مسار تلك المنظومات، ذلك أن حرية الإنسان تجعل سلوكه غير قابل للتنبؤ؛ إذ ربما يتغيَّر في لحظة ما تغيرًا مفاجئًا شأنه شأن التغيُّرات المفاجئة في تابع الانتماء إلى المجموعة التقليدية. وعلى الرغم من ذلك يبقى لمنطق الضبابية دور مزدوج إيجابي يضطلع به:

• على المستوى التطبيقي أو الأداتي يحفظ الخبرات البشرية من الضياع من خلال البرامج الخبيرة، ويمكِّن صنَّاع القرار من اتخاذ قرارات أكثر ملاءمة للموقف الراهن واستشراف الخطط المستقبلية.

• على المستوى النظري العقلي يساهم في انفتاح فكري أو ذهني يسمح بقبول الحياة بثرائها وتنوعها وغموضها، الأمر الذي يجعل تصوُّر الإنسان لنفسه وللعالم أوسع أفقًا وأكثر استقلالًا، ويصير أكثر قدرة على إضافة خيارات جديدة وأفكار جديدة واستبصارات جديدة. وهذا يعطي أهمية للتغير التدرّجي لتصور الذات البشرية عن ذاتها؛ التغير من الاعتماد على قمة الهرم أو على الأعلى، إلى الاعتماد على الذات. الأمر الذي يسمح بتجديد الحياة وإغنائها والاغتناء بها.

أخيرًا، إذا كان للجانب التطبيقي أهمية كبيرة يحاول المشتغلون بالعلوم الإنسانية والاجتماعية، بصورة عامة، تحقيقها باستخدام أدوات هذا المنطق، فربما يكون للدور الإيجابي - الذي يضطلع به هذا المنطق على المستوى النظري في دول العالم النامي وفي عالمنا العربي خصوصًا - أهمية كبيرة لكوننا في أمسّ الحاجة إلى هذين الانفتاح والتحرر. ويقتضي تحقيق هذا الانفتاح، بالضرورة،

التحرُّر من نمط التفكير الثنائي الذي يتَّسم بالطبيعة الاستبعادية - وما تنطوي عليه من إقصاء للآخر- والمهيمن، بدرجة كبيرة في عالمنا العربي. ويعدُّ هذا النمط من التفكير عقبة أمام المشتغلين بالعلوم الإنسانية والاجتماعية في العالم العربي، تُضاف إلى صعوبات تطبيق هذا المنطق التي سبق ذكرها. ولو تخلينا عن هذا النمط؛ وأعني تحديدًا الطبيعة الإقصائية، عندها يمكن أن نحافظ على خبراتنا البشرية من الضياع عبر تطبيق هذا المنطق.

المراجع

1- العربية

كتب

ابن حزم، أبو محمد علي بن أحمد. **التقريب لحد المنطق والمدخل إليه بالألفاظ العامية والأمثلة الفقهية ويليه محك النظر في المنطق.** تحقيق أحمد فريد المزيدي. بيروت: دار الكتب العلمية، [2003].

ابن رشد، أبو الوليد محمد بن أحمد. **تلخيص كتاب أرسطوطاليس في العبارة.** تحقيق وتعليق محمد سليم سالم. القاهرة: وزارة الثقافة، 1978.

ــــــــ. **تلخيص منطق أرسطو.** دراسة وتحقيق جيرار جهامي. بيروت: دار الفكر اللبناني، 1992. 7 مج. (سلسلة علم المنطق)

مج 3: **كتاب باري أرميناس أو كتاب العبارة.**

مج 4: **كتاب أنالوطيقي الأول أو كتاب القياس.**

أرسطو. **ما وراء الطبيعة: تفسير ابن رشد.** ترجمة اسحق بن حنين؛ مراجعة وتدقيق هيثم إدريس. ج 2. دمشق: دار إدريس للطباعة والنشر، 2007.

أومنيس، رولان. **فلسفة الكوانتم: فهم العلم المعاصر وتأويله.** ترجمة أحمد فؤاد باشا ويمنى طريف الخولي. الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، 2008. (عالم المعرفة؛ 350)

براغ، هـ. فان. **حكمة الصين.** ترجمة موفق المشنوق. دمشق: الأهالي للطباعة والنشر والتوزيع، 1998.

بونيه، آلان. **الذكاء الاصطناعي: واقعه ومستقبله**. ترجمة علي صبري فرغلي. الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، 1993. (عالم المعرفة؛ 172)

التهانوي، محمد علي. **موسوعة كشاف اصطلاحات الفنون والعلوم**. تقديم وإشراف ومراجعة رفيق العجم؛ تحقيق علي دحروج؛ نقل النص الفارسي إلى العربية عبد الله الخالدي، الترجمة الأجنبية جورج زيناتي. بيروت: مكتبة لبنان ناشرون، 1996. 2 ج. (سلسلة موسوعات المصطلحات العربية والإسلامية)

الخولي، يمنى طريف. **فلسفة العلم في القرن العشرين: الأصول - الحصاد - الآفاق المستقبلية**. الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، 2000. (عالم المعرفة؛ 264)

الدحداح، أنطوان. **معجم قواعد اللغة العربية في جداول ولوحات زائد مسرد بالمصطلحات عربي - إنكليزي - فرنسي**. مراجعة جورج متري عبد المسيح. ط 4. بيروت: مكتبة لبنان ناشرون، 1989. (موسوعة الدحداح في علم اللعربية)

دفراوي، محمد، ميساء ميداني وميساء عكاري (إعداد). **خصائص دخل الأسرة وعلاقتها بخصائص مسكنها**. دمشق: الجمهورية العربية السورية، رئاسة مجلس الوزراء، المكتب المركزي للإحصاء، 2004.

ديكارت، رينيه. **حديث الطريقة**. ترجمة وشرح وتعليق عمر الشارني. بيروت: المنظمة العربية للترجمة، 2008.

راسل، برتراند. **ما وراء المعنى والحقيقة**. ترجمة محمد قدري عمارة؛ مراجعة إلهامي جلال عمارة. القاهرة: المجلس الأعلى للثقافة، 2005. (المشروع القومي للترجمة)

رويل، دافيد. **المصادفة والشواش**. ترجمة طاهر شاهين وديمة شاهين. دمشق: وزارة الثقافة، 2006.

الزعبي، محمد بلال وعباس الطلافحة. **النظام الإحصائي SPSS: فهم وتحليل البيانات الإحصائية**. ط 2. عمان، الأردن: دار وائل للنشر، 2004.

ستيورات، إيان. **من يلعب النرد؟: الرياضيات الجديدة للظواهر العشوائية**. ترجمة بسام أحمد مغربي. دمشق: دار طلاس، 1994. (الثقافة المميزة)

سمارانداكة، فلورنتن وصلاح عثمان. **الفلسفة العربية من منظور نيوتروسوفي.** الإسكندرية، مصر: منشأة المعارف، 2007.

شيفرد، ليندا جين. **أنثوية العلم: العلم من منظور الفلسفة النسوية.** ترجمة يمنى طريف الخولي. الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، 2004. (عالم المعرفة؛ 306)

صليبا، جميل. **المعجم الفلسفي بالألفاظ العربية والفرنسية والإنكليزية واللاتينية.** بيروت: دار الكتاب اللبناني، 1982. 2 ج.

عبد العزيز، إسماعيل. **نظرية الموجهات المنطقية: دراسة تحليلية في منطق الجهة.** القاهرة: دار الثقافة للنشر والتوزيع، 1993.

عثمان، صلاح. **المنطق متعدد القيم: بين درجات الصدق وحدود المعرفة.** الإسكندرية، مصر: منشأة المعارف، 2002. (مشكلات فلسفة العلم؛ 4)

عمر، أحمد مختار. **معجم اللغة العربية المعاصرة.** القاهرة: عالم الكتب، 2008.

غليك، جايمس. **نظرية الفوضى: علم اللامتوقع.** ترجمة أحمد مغربي. بيروت: دار الساقي، 2008.

فرانكفورت – ناشمياز، شافا ودافيد ناشمياز. **طرائق البحث في العلوم الاجتماعية.** ترجمة ليلى الطويل. دمشق: بترا للتوزيع والنشر، 2004.

كابرا، فريتجوف. **شبكة الحياة: فهم علمي جديد للمنظومات الحية.** ترجمة معين شفيق رومية. دمشق: الهيئة العامة السورية للكتاب، 2008.

ـــــــ. **الطاوية والفيزياء الحديثة: استكشاف التماثلات بين الفيزياء الحديثة والصوفية الشرقية.** ترجمة حنا عبود. دمشق: دار طلاس، 1999.

كريل، هرلي جليزنر. **الفكر الصيني: من كنفوشيوس إلى ماوتسي تونج.** ترجمة عبد الحميد سليم؛ مراجعة علي أدهم. القاهرة: الهيئة العامة المصرية للكتاب، 1998.

كولر، جون. **الفكر الشرقي القديم.** ترجمة كامل يوسف حسين؛ مراجعة إمام عبد الفتاح إمام. الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، 1995. (عالم المعرفة؛ 199)

لوتسو. **الطريق إلى الفضيلة: نص صيني مقدس**. ترجمة علاء الديب. القاهرة: الهيئة المصرية العامة للكتاب، 1998.

لوكاشيفتش، يان. **نظرية القياس الأرسطية من وجهة نظر المنطق الصوري الحديث**. ترجمة وتقديم عبد الحميد صبره. الإسكندرية، مصر: دار المعارف، 1961.

مارتان، روبير. **في سبيل منطق للمعنى**. ترجمة الطيب البكوش وصالح الماجري. بيروت: المنظمة العربية للترجمة، 2006.

مجمع اللغة العربية. **المعجم الوسيط**. ط 4. القاهرة: مكتبة الشروق الدولية، 2004.

محمود، زكي نجيب. **المنطق الوضعي، الجزء الثاني: في فلسفة العلوم**. ط 5. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية، 1980.

هايزنبرغ، فيرنر. **فيزياء وفلسفة: ثورة في الفيزياء الحديثة**. ترجمة أدهم السمان. دمشق: وزارة الثقافة، 1984.

هوندرتش، تد (تحرير). **دليل أكسفورد للفلسفة**. ترجمة نجيب الحصادي؛ تحرير الترجمة منصور محمد البابور ومحمد حسن أبو بكر؛ مراجعة اللغة عبد القادر الطلحي. بنغازي، ليبيا: المكتب الوطني للبحث والتطوير، 2005. 2 ج في 4 مج.

دوريات

أبو قاسم، كندة، رياض ضاهر ومضر وينس. «استخدام المنطق الضبابي في لغة الاستعلامات البنيوية (SQL) ومقارنتها مع المنطق الكلاسيكي.» **مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية** (سلسلة العلوم الهندسية): السنة 30، العدد 1، 2008.

خليل، ياسين. «نظرية جوتلوب فريجه المنطقية: الطريقة في المنطق.» **مجلة كلية الآداب** (جامعة بغداد): العدد 9، نيسان/ أبريل 1966.

ديفس، ستان وكريستوفر مير. «الرؤية الضبابية: مجاراة سرعة التغيير في اقتصاد متداخل.» **خلاصات كتب المدير ورجال الأعمال**: السنة 6، العدد 22، تشرين الثاني/ نوفمبر 1998.

العرفي، هادي. «نظام المنطق الملتبس وتطبيقه في المتحكمات الآلية.» مجلة جامعة دمشق: السنة 17، العدد 2، 2001.

رسائل

جلال، نسرين. «تحسين إخماد الاهتزازات في نظم الطاقة الكهربائية باستخدام مخمد اهتزاز يعتمد في عمله على التحكم العائم.» إشراف محمد عبد الحميد وبلسم عيد (رسالة ماجستير، جامعة تشرين، 2010).

الحميدان، بندر. «استرجاع المعلومات من قواعد البيانات باستخدام تقنيات الذكاء الصناعي/ المنطق الضبابي.» إشراف سعد العبد الله (رسالة ماجستير، جامعة حلب، 2009).

2- الأجنبية

Books

Arfi, Badredine. *Linguistic Fuzzy Logic Methods in Social Sciences*. Berlin, Germany: Springer, 2010.

Audi, Robert (ed.). *The Cambridge Dictionary of Philosophy*. 2nd ed. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 1999.

Bammer, Gabriele and Michael Smithson (eds.). *Uncertainty and Risk: Multidisciplinary Perspectives*. London; Sterling, VA: Earthscan, 2008.

Bergmann, Merrie. *An Introduction to Many-Valued and Fuzzy Logic: Semantics, Algebras, and Derivation Systems*. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2008.

Bojadziev, George and Maria Bojadziev. *Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management*. 2nd ed. Hackensack, NJ: World Scientific, 2007. (Advances in Fuzzy Systems; 12)

Borchert, Donald M. (ed.). *Encyclopedia of Philosophy*. 2nd ed. Detroit: Thomson Gale/Macmillan Reference, 2006. 10 vols.

vol. 1: *Abbagnano-Byzantine Philosophy.*

vol. 3: *Determinables-Fuzzy Logic.*

vol. 4: *Gadamer-Just War Theory.*

vol. 7: *Oakeshott- Presupposition.*

vol. 8: *Price- Sextus Empiricus.*

Cai, Yi, Ching-man Au Yeung and Ho-fung Leung. *Fuzzy Computational Ontologies in Contexts: Formal Models of Knowledge Representation with Membership Degree and Typicality of Objects, and their Applications*. Beijing; Heidelberg; New York: Higher Education Press; Springer, 2012.

Chen, Guanrong and Trung Tat Pham. *Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2001.

Gabbay, Dov M. and John Woods (eds.). *Handbook of the History of Logic*. Amsterdam; Boston: Elsevier, 2004-2012. 11 vols.

vol. 8: *The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic*.

Hawking, Stephen and Leonard Mlodinow. *The Grand Design*. [New York: Bantam Books], 2010.

Heisenberg, Werner. *Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science*. Introduction by Paul Davies. 3rd ed. London: Penguin, 2000. (Penguin Classics)

Kiel, L. Douglas and Euel Elliott (eds.). *Chaos Theory in the Social Sciences: Foundations and Applications*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press, 1996.

Klir, George J. and Bo Yuan. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR, 1995.

Kosko, Bart. *The Fuzzy Future: From Society and Science to Heaven in a Chip*. London: Flamingo, 1999.

_______. *Fuzzy Thinking: The New Science of Fuzzy Logic*. London: Flamingo, 1994.

Lindley, Dennis V. *Understanding Uncertainty*. Hoboken, NJ: Wiley, 2006.

Loux, Michael J. and Dean W. Zimmerman (eds.). *The Oxford Handbook of Metaphysics*. Oxford; New York: Oxford University Press, 2003.

Mukaidono, Masao. *Fuzzy Logic for Beginners*. Singapore; River Edge, NJ: World Scientific, 2004.

Peat, F. David. *From Certainty to Uncertainty: The Story of Science and Ideas in the Twentieth Century*. Washington, DC: National Academies Press, 2002.

Priest, Graham. *An Introduction to Non-Classical Logic: From if to Is*. 2nd ed. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2008.

Ragin, Charles C. *Fuzzy-set Social Science*. Chicago: University of Chicago Press, 2000.

_______. *Redesigning Social Inquiry: Fuzzy Sets and Beyond*. Chicago: University of Chicago Press, 2008.

Ramalingam, Ben [et al.]. *Exploring the Science of Complexity: Ideas and Implications for Development and Humanitarian Efforts*. 2nd ed. London: Overseas Development Institute, 2008. (Working Paper; 285)

Ross, Timothy J. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. New York: McGraw-Hill, 1995.

Seising, Rudolf. *Views on Fuzzy Sets and Systems from Different Perspectives: Philosophy and Logic, Criticisms and Applications*. Berlin: Springer, 2009. (Studies in Fuzziness and Soft Computing; 243)

Siler, William and James J. Buckley. *Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning*. Hoboken, NJ: Wiley, 2005.

Slethaug, Gordon E. *Beautiful Chaos: Chaos Theory and Metachaotics in Recent American Fiction*. New York: State University of New York Press, 2000. (SUNY Series in Postmodern Culture)

Smithson, Michael and Jay Verkuilen. *Fuzzy Set Theory: Applications in the Social Sciences*. Thousand Oaks: Sage Publications, 2006. (Quantitative Applications in the Social Sciences; no. 07/147)

Tabak, John. *Probability and Statistics: The Science of Uncertainty*. New York: Facts on File, 2004. (Facts on File Math Library. History of Mathematics)

Williamson, Timothy. *Vagueness*. London; New York: Routledge, 1994. (Problems of Philosophy)

Wygralak, Maciej. *Vaguely Defined Objects: Representations, Fuzzy Sets, and Nonclassical Cardinality Theory*. Dordrecht; Boston: Kluwer Academic Publishers, 1996. (Theory and Decision Library. Series B, Mathematical and Statistical Methods; 33)

Zadeh, Lotfi A. [et al.] (eds.). *Fuzzy Sets and their Applications to Cognitive and Decision Processes*. New York: Academic Press, 1975.

Periodicals

Antonopoulos, Constantin. «Reciprocity, Complementarity and Minimal Action.» *Annales Fondation Louis de Broglie*: vol. 29, no. 3, 2004.

Bantilan, M. C. S., F. T. Bantilan and M. M. De Castro. «Fuzzy Subset Theory in the Measurement of Poverty.» *Journal of Philippine Development*: vol. 19, no. 34, First Semester, September 1992.

Bell, Stephanie. «A Beginner's Guide to Uncertainty of Measurement.» *Measurement Good Practice Guide*: no. 11, Issue 2, 1999.

Black, Max. «Vagueness: An Exercise in Logical Analysis.» *Philosophy of Science*: vol. 4, no. 4, 1937.

Dimitrov, Vladimir. «Use of Fuzzy Logic when Dealing with Social Complexity.» *Complexity International*: vol. 4, 1997. On the Web: <http://www.complexity.org.au/ci/vol04/dimitrov1/dimitrov.htm>.

Downey, John and James Stanyer. «Comparative Media Analysis: Why Some Fuzzy Thinking Might Help. Applying Fuzzy set Qualitative Comparative Analysis to the Personalization of Mediated Political Communication.» *European Journal of Communication*: vol. 25, no. 4, 2010.

Eklund, Matti. «Vagueness and Second-Level Indeterminacy.» *Work in Progress*: September 2008.

Goertz, Gary. «Assessing the Trivialness, Relevance, and Relative Importance of Necessary or Sufficient Conditions in Social Science.» *Studies in Comparative International Development*: vol. 41, no. 2, June 2006.

Lindley, Dennis V. «The Probability Approach to the Treatment of Uncertainty in Artificial Intelligence and Expert Systems.» *Statistical Science*: vol. 2, no. 1, February 1987.

Lorenz, Edward N. «Deterministic Nonperiodic Flow.» *Journal of the Atmospheric Sciences*: vol. 20, March 1963.

Margareth, Denise [et al.]. «Probabilistic and Fuzzy Arithmetic Approaches for the Treatment of Uncertainties in the Installation of Torpedo Piles.» *Mathematical Problem in Engineering*: 2008.

Metelits, Claire M. «The Consequences of Rivalry: Explaining Insurgent Violence Using Fuzzy Sets.» *Political Research Quarterly*: vol. 62, no. 4, December 2009.

Paoli, Francesco. «A Really Fuzzy Approach to the Sorites Paradox.» *Synthese*: vol. 134, no. 3, March 2003.

Ragin, Charles C. and Paul Pennings. «Fuzzy Sets and Social Research.» *Sociological Methods Research*: vol. 33, no. 4, May 2005.

Russell, Bertrand. «Mathematical Logic as Based on the Theory of Types.» *American Journal of Mathematics*: vol. 30, no. 3, June 1908.

_______. «Vagueness.» *Australasian Journal of Psychology and Philosophy*: June 1923. On the Web: <www.personal.kent.edu/~rmuhamma/Philosophy/RBwritings/vagueness.htm>.

Smithson, Michael. «Fuzzy Set Inclusion: Linking Fuzzy Set Methods with Mainstream Techniques.» *Sociological Methods and Research*: vol. 33, no. 4, May 2005.

Verkuilen, Jay. «Assigning Membership in a Fuzzy Set Analysis.» *Sociological Methods Research*: vol. 33, no. 4, May 2005.

Zadeh, Lotfi A. «The Birth and Evolution of Fuzzy Logic.» *International Journal of General Systems*: vol. 17, nos. 2-3, 1990.

_______. «Fuzzy Sets.» *Information and Control*: vol. 8, no. 3, June 1965.

_______. «Is there a Need for Fuzzy Logic?.» *Information Sciences*: no. 178, 2008.

_______. «Toward a Theory of Fuzzy Information Granulation and its Centrality in Human Reasoning and Fuzzy Logic.» *Fuzzy Sets and Systems*: vol. 90, 1997.

Thesis

Serchuk, Phil. «Fuzzy Logic and Vagueness.» (Honours Thesis, University of Calgary, Department of Philosophy, Calgary, Canada, 2005). On the Web: <http://dspace.ucalgary.ca/bitstream/1880/46689/3/Serchuk_Thesis.pdf>.

Conference

Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the Ninth International Conference (KR 2004), August 2004.

Proceedings for the Tenth Western Regional Meeting of the Alternative Natural Philosophy Association, Cordura, Stanford University, 19-21 February 1994.

Documents

Giordani, Paolo and Giovanni Maria Giorgi. «Poverty Measures in a Fuzzy Logic Framework». On the Web: <http://homes.stat.unipd.it/mgri/SIS2010/Program/contributedpaper/574-1448-1-DR.pdf>.

Goertz, Gary. «Assessing the Importance of Necessary or Sufficient Conditions in Fuzzy-Set Social Science.» (7 June 2003). On the Web: <http://www.compasss.org/wpseries/Goertz2003.pdf>.

فهرس عام

-غ-

-ف-

-ق-

-م-